

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS:
UM ESTUDO A PARTIR DA TÉCNICA *DELPHI*

TADEU SAMUEL PEREIRA

ITAJUBÁ
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL

TADEU SAMUEL PEREIRA

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS:
UM ESTUDO A PARTIR DA TÉCNICA *DELPHI***

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional como parte dos requisitos para a obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Mestrado Profissional

Área de Concentração: Ensino e Aprendizagem no Ensino de Ciências

Orientador: Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior

ITAJUBÁ

2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONAL

TADEU SAMUEL PEREIRA

**FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA FORMAÇÃO DE
ENGENHEIROS: UM ESTUDO A PARTIR DA TÉCNICA *DELPHI***

Dissertação aprovada por banca examinadora em 14 de maio de 2015,
conferindo ao autor o título de **Mestre em Ensino de Ciências –
Mestrado Profissional**.

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Arismar Cerqueira Sodré Junior

Prof. Dr. Agenor Pina da Silva

Prof.^a Dr.^a Rita de Cássia Magalhães Trindade Stano

Prof. Dr. Mikael Frank Rezende Junior (Orientador)

Itajubá 2015

*Dedico aos meus pais, Antônio e Carmem, meus irmãos
e à Bárbara, minha noiva.*

AGRADECIMENTOS

Olhando para a conclusão desta etapa, são tantos agradecimentos devidos. Pretendo ser breve e estendo meu agradecimento a todos que, de alguma forma, fizeram parte dessa dissertação, pois não vou me enveredar pela citação de todos os nomes.

Agradeço de início, às pessoas que estavam mais próximas de mim, que me acompanharam e me incentivaram: minha família, meus amigos e, especialmente, à Bárbara que sempre está comigo. Sem elas eu não seria quem sou, muito menos chegaria onde estou.

Aos professores da Unifei, por acreditarem em mim desde o meu ingresso no curso de Licenciatura em Física da modalidade EaD – no polo de apoio semipresencial de Cambuí-MG.

Aos professores do PPGEC, em especial Rita Stano, Mikael Frank Rezende Júnior, Agenor Pina da Silva, Newton de Figueiredo Filho e Luciano Fernandes Silva, pelas aulas, debates, trocas de conhecimentos e pelo crescimento que as disciplinas por eles ministradas me proporcionaram.

Aos meus colegas de trabalho da E.E. Dr. José Marques de Oliveira de Pouso Alegre – MG, que me incentivaram e me ajudaram em tudo que eu precisava.

Às pessoas que me acompanharam durante minha formação, principalmente meus colegas de turma, que fizeram das aulas um ambiente agradável e amigável proporcionando o aprendizado por meio das conversas descontraídas, especialmente do meu amigo Paulo Márcio, pela amizade e agradável companhia durante minhas estadias em Itajubá.

Aos alunos do Ensino Médio e do curso de Licenciatura em Física a distância da Unifei, por fazerem de mim um professor pensante e atuante diante dos desafios da Educação, especialmente do Ensino de Física.

Ao meu orientador, Mikael Frank Rezende Junior, pela paciência, sinceridade, compreensão e atitudes que me fizeram pensar não apenas neste trabalho, mas em princípios que agora fazem parte de mim e que levarei comigo.

“O característico do homem religioso é ter se libertado das algemas de seu egoísmo, e construir, por seu modo de pensar, sentir e agir, um mundo de valores suprapersonais, aprofundando e ampliando cada vez mais o seu impacto sobre a vida.”

(Albert Einstein)

RESUMO

Relativamente às inovações curriculares direcionadas para o ensino de Física no currículo de Engenharia, coloca-se em pauta a inclusão dos conhecimentos da Física construídos a partir do século XX, denominados de Física Moderna e Contemporânea (FMC), devido à intrínseca presença desses conhecimentos na criação e inovação de tecnologias modernas no contexto do desenvolvimento científico e tecnológico da atualidade. Buscando entender a tecnologia como um fenômeno complexo, em sua relação com a técnica e a ciência, a situamos no plano da Filosofia. Nesse contexto, desenvolvemos o conceito de engenheiro “tecnólogo” da teoria de Mário Bunge. Esse profissional possui uma atitude criativa quando sua formação lhe possibilita transitar pelas áreas da Ciência Básica, Ciência Aplicada e Tecnologia, pois, para que o engenheiro crie tecnologias associadas à FMC, é imprescindível que esses conteúdos façam parte de sua formação. Tendo em vista a importância da inserção de tópicos da FMC na formação do engenheiro em nossa atualidade, este trabalho se propõe a avançar na identificação de quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos no currículo da Engenharia, visto que não há um consenso entre os especialistas da área sobre tal temática. Inclusive, a questão da escolha dos conhecimentos que são (ou não) contemplados pelo currículo, perpassa por questões inerentes às teorias do campo curricular, como de identidade e relações de poder. Nesse sentido, tendo em vista o caráter democrático associado à formulação de propostas curriculares, apresenta-se o resultado de uma pesquisa com 39 professores de engenharia, 14 engenheiros atuantes e 21 pesquisadores do ensino de engenharia que foi realizada utilizando-se a técnica *Delphi*. A pesquisa converge para a busca de um consenso sobre quais tópicos da FMC inserir na Engenharia e os resultados, além de indicar ricas possibilidades de direcionamento da técnica *Delphi* para o campo curricular, também assinala tópicos da FMC que possuem uma significativa relevância para o cenário econômico, político e social do Brasil.

Palavras-chave: Ensino de Física Moderna e Contemporânea. Currículo da Engenharia. Técnica *Delphi*.

ABSTRACT

Regarding curricular innovations directed to the teaching of physics in the engineering curriculum, it is placed on the agenda the inclusion of the knowledge on physics which has been built since the twentieth century and is called Modern and Contemporary Physics (FMC - in Portuguese) due to the intrinsic presence of this knowledge in the creation and innovation of modern technologies in the context of today's scientific and technological development. In order to understand technology as a complex phenomenon in its relation to technique and science, we situate it in the philosophy context. In this context, we developed the concept 'engineering technologist', from Mario Bunge's theory. This professional has a creative attitude when their training enables them to move through areas of basic science, applied science and technology; therefore, for the engineer to create technologies associated with the FMC, it is essential that FMC contents should be part of their training. Given the importance of including FMC topics in engineer training in our present time, this study aims to advance the identification of which FMC topics could be inserted into the engineering curriculum, as there is no consensus among experts in the area on this topic. Moreover, the question of the choice of knowledge that is (or not) covered by the curriculum, permeates the issues inherent to the theories of the curriculum field, such as identity and power relationships. In this sense, given the democratic character associated with the construction of curriculum proposals, the result of a survey involving 39 engineering professors, 14 active engineers and 21 researchers of engineering education which was carried out using the Delphi technique is presented. The research converges to the search for a consensus on which FMC topics to include in the engineering curriculum, and the results, besides indicating rich technical directions of Delphi possibilities for the this field, also points FMC topics that have significant relevance to the economic, political and social scenarios in Brazil.

Keywords: Modern and Contemporary Physics Education. Engineering Curriculum. Delphi Technique.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Esquema de localização e ilustração do complexo subterrâneo do CERN	17
Figura 2. Distribuição percentual do PIB de 2012 do Setor da Indústria e seus quatro Subsetores sobre o PIB total.	20
Figura 3 - Roda d'Água com Taças – 1503, esboço do <i>Codex Atlanticus</i>	35
Figura 4 - Projeto para Roscas de Arquimedes e Bombas d'Água – 1503 – esboço do <i>Codex Atlanticus</i>	35
Figura 5: Engenheiro tecnólogo e o contexto sócio-político-econômico.....	58
Figura 6 – Etapas do Exercício <i>Delphi</i>	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Grupos de Pesquisa.....	69
Quadro 2 – Características do método <i>Delphi</i> : vantagens e desvantagens.....	84
Quadro 3: Grupos respondentes do trabalho de Ostermann (1999).....	105
Quadro 4: Grupos respondentes da pesquisa.....	105
Quadro 5: Procedimentos para tabulação na primeira “rodada”.....	107
Quadro 6: Procedimentos para tabulação na segunda “rodada”.....	107
Quadro 7: Procedimentos para tabulação na terceira “rodada”.....	108
Quadro 8: Número de participantes em cada grupo no primeiro questionário.....	111
Quadro 9: Tabulação das respostas do grupo de Engenharia Elétrica.....	112
Quadro 10: Frequência das respostas para o total de respondentes.....	113
Quadro 11: Tópicos mais mencionados pelos grupos respondentes.....	114
Quadro 12: Número de participantes em cada grupo no segundo questionário.....	115
Quadro 13: Porcentagem das respostas para cada grupo de respondentes.....	115
Quadro 14: Porcentagem das respostas para o total de respondentes.....	116
Quadro 15: Número de participantes em cada grupo no terceiro questionário.....	117
Quadro 16: Porcentagem das respostas para cada grupo de respondentes.....	117
Quadro 17 – Tópicos em ordem decrescente de prioridade do 3º questionário.....	118
Quadro 18: Dados de alguns respondentes quanto à área de formação e atuação.....	123
Quadro 19: Tópicos em ordem decrescente de prioridade para os participantes do 3º questionário.....	137
Quadro 20: Tópicos em ordem decrescente de prioridade do 3º questionário desta pesquisa	137

LISTA DE SIGLAS

CA – Ciência Aplicada

CB – Ciência Básica

CI – Circuito Integrado

CTS – Ciência Tecnologia e Sociedade

CBC – Conteúdo Básico Comum (Proposta curricular de Minas Gerais)

CERN- Organização Europeia para a Pesquisa Nuclear

DCNEM - Diretrizes Curriculares Nacionais do Ensino Médio

DCNCE - Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia

EM- Ensino Médio

ESUD - Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância

FINEP - Financiadora de Estudo e Projetos

FMC – Física Moderna e Contemporânea

IES – Instituição de Ensino Superior

LED – Diodo Emissor de Luz

LHC - Large Hadron Collider (*Grande Colisor de Hádrons*)

MQ – Mecânica Quântica

NSE – Nova Sociologia da Educação

OIC – Observatório da Inovação e Competitividade

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PCN - Parâmetros Curriculares Nacionais

PCN+ - Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros

Curriculares Nacionais

PIB – Produto Interno Bruto

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
CAPÍTULO 1 – CIÊNCIA, TÉCNICA E TECNOLOGIA E OS PRESSUPOSTOS DA ENGENHARIA	25
1.1 A TÉCNICA E A TECNOLOGIA	29
1.2 TECNOLOGIA E CIÊNCIA	36
1.2.1 A Visão de Mário Bunge	37
1.2.2 Filosofia da Tecnologia na perspectiva fenomenológica	43
1.3 TECNOLOGIA, TÉCNICA E ENGENHARIA.....	47
1.4 A ENGENHARIA E A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA.....	51
CAPÍTULO 2 – A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO E O ENSINO DA FMC NA ENGENHARIA: UM PROBLEMA CURRICULAR	57
2.1 O PERFIL DE ENGENHEIRO E SUA FORMAÇÃO	57
2.2 AS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E OS CURRÍCULOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA	59
2.3 A PESQUISA NO ENSINO DA FMC NA EDUCAÇÃO BÁSICA	62
2.4 A PESQUISA E O ENSINO DE FMC NA ENGENHARIA.....	68
CAPÍTULO 3 – A TÉCNICA <i>DELPHI</i> E SUAS POSSIBILIDADES NO CAMPO CURRICULAR	79
3.1 ALGUNS ASPECTOS DO CURRÍCULO	89
3.2 APROXIMAÇÕES DA TÉCNICA <i>DELPHI</i> COM O CAMPO CURRICULAR.....	99
CAPÍTULO 4 – ASPECTOS METODOLÓGICOS E O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA	102
4.1 SITUANDO A PESQUISA	102
4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	104
4.2.1 Procedimentos para a tabulação dos dados e tipo de pesquisa.....	107
4.3 A PRIMEIRA “RODADA”	110
4.4 A SEGUNDA “RODADA”	114

4.5 A TERCEIRA “RODADA”	116
CAPÍTULO 5 – ANÁLISES E DIRECIONAMENTOS	120
5.1 ANÁLISE DA PRIMEIRA “RODADA”	120
5.1.1 Respostas direcionadas para a Física Clássica	121
5.1.2 Considerações sobre a área dos “outros aspectos”	128
5.1.3 Natureza dos tópicos da FMC mais mencionados.....	132
5.2 ANÁLISE DA SEGUNDA E TERCEIRA “RODADAS”	133
CONSIDERAÇÕES FINAIS	139
REFERÊNCIAS	144
APÊNDICES	
Apêndice 1: Apresentação da pesquisa da primeira “rodada”.....	155
Apêndice 2: Questionário da primeira “rodada” do “Google docs”.....	156
Apêndice 3: Apresentação da pesquisa da segunda “rodada”	157
Apêndice 4: Imagem do questionário da segunda “rodada” do “ <i>Google docs</i> ”	158
Apêndice 5: Apresentação da pesquisa da terceira “rodada”	159
Apêndice 6: Modelo de um questionário enviado a um participante da terceira “rodada”	160

PREFÁCIO

Falar onde começa uma dissertação não é algo muito trivial. Entre essas linhas formais e objetivas existe muito conhecimento subjetivado, que fez parte de mim, dos meus pensamentos, angústias, discussões, apontamentos; enfim, uma parte de minha trajetória que não é apenas acadêmica, mas também pessoal e humana. Gosto muito da ideia de currículo como uma trajetória entre continuidades e discontinuidades. Estou percorrendo um caminho acadêmico em que o ato de caminhar me constitui quem eu sou.

Meu interesse pela Física começou no Ensino Médio (EM). Eu ficava fascinado porque, por meio das contas, as “coisas” poderiam ser explicadas, calculadas, ou seja, era possível conhecer o motivo de um fenômeno, bem como sua previsão. Disciplinas que envolviam a famosa “decoreba” não me agradavam.

Depois de concluir o Ensino Médio, ingressei em um curso de Filosofia, onde comecei a desenvolver uma capacidade mais reflexiva. No entanto, por motivos pessoais e profissionais, voltei a residir na cidade de Cambuí- MG, minha cidade natal e não concluí este curso.

Residindo em Cambuí, por questões profissionais, seria bem improvável eu mudar de cidade para ingressar em uma Universidade. Foi então que fiquei sabendo de um curso a distância de Licenciatura em Física, que seria ofertado em minha cidade pela Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI) por meio da instalação de um polo de apoio semipresencial. Não hesitei e prestei vestibular para esse curso e logo comecei a cursá-lo.

Foram quatro anos nesta caminhada que considero de muita superação, pois eu fazia parte da primeira turma do referido curso e tudo parecia muito novo. Inclusive, tive que mudar toda concepção de aprendizado que eu tinha do ensino presencial e desenvolver uma autonomia imprescindível para concluir essa etapa da minha formação.

Concluí minha graduação e desenvolvi meu Trabalho Final de Graduação (TFG) com tema: *“Licenciatura em Física a distância: análise do ambiente virtual TelEduc sob o olhar do conceito de mediação simbólica de Vygotsky”*. Depois de concluir meu TFG, um artigo completo, com mesmo título, foi aprovado e apresentado na modalidade Comunicação Oral no VIII Congresso Brasileiro de Ensino Superior a Distância (ESUD) em Ouro Preto, MG. Inclusive, esse artigo foi selecionado e escolhido como um dos dez melhores do evento e foi premiado com uma publicação na Revista Brasileira de Informática na

Educação¹. Logo que concluí o curso, comecei a ministrar aulas e posso dizer com toda certeza que minha formação me possibilitou ser um professor pesquisador porque me ofereceu “lentes” que me permitiram lançar um olhar diferenciado para o contexto no qual minha prática docente estava inserida, sempre por meio de um senso investigativo e dialógico.

Hoje, como licenciado em Física e professor da educação básica, sempre procuro me envolver com questões pertinentes ao aprendizado dos alunos, sobretudo relativo ao Ensino de Física, disciplina que leciono. Certamente, esses foram os ingredientes essenciais que me levaram a ingressar no Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da UNIFEI onde alimentei ainda mais minha capacidade crítico-reflexiva por meio de leituras e discussões relacionadas ao complexo universo do ensino de Ciências, especificamente da Física.

Foi justamente com um senso investigativo que comecei a refletir sobre algumas perguntas proferidas pelos alunos a respeito de conceitos que direta ou indiretamente estão relacionados ao campo da Física Moderna e Contemporânea (FMC) como, por exemplo: teoria das cordas, universo paralelo, buraco negro, Teoria da Relatividade Restrita, Física Quântica, Fissão e fusão nuclear, funcionamento do Grande Colisor de Hádrons (LHC), aparatos tecnológicos que envolvem a aplicação da FMC etc. Inclusive, percebi que tais questionamentos sempre ocorriam em um ambiente de descontração, ou em momentos informais da aula sendo que, quando eu discorria sobre alguns conceitos, era nítido o interesse dos alunos pelo tema, bem como a curiosidade e imaginação que tais conceitos instigavam.

Passei, então, a dar mais atenção aos conceitos da FMC em minhas aulas, principalmente para turmas do primeiro ano do Ensino Médio, porque é quando passam a ter o “primeiro” contato com a disciplina de Física. Inclusive, em todas as turmas da Escola onde trabalho, direciono as primeiras aulas para o desenvolvimento de um panorama histórico da evolução dos conceitos e teorias da Física, tanto Clássica quanto Moderna, deixando claro que a Física não “acaba” na Física Clássica. No entanto, a efetiva introdução da FMC na Educação Básica ainda fica sujeita a alguns condicionantes e passa por muitos questionamentos, principalmente no que se refere ao tempo da disciplina de Física em sala de aula ou à excessiva carga de conteúdos propostos pelas estruturas curriculares de forma que a Física Clássica ainda seja tradicionalmente priorizada pelos professores.

Quando comecei a cursar as disciplinas do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, por meio de leituras, passei a ampliar a visão do contexto no qual a problemática do

¹ PEREIRA, T.S, FERRAZ, D.P.A. Licenciatura em Física a distância: análise do ambiente virtual TelEduc sob o olhar do conceito de mediação simbólica de Vygotsky. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v22, n.01, pp. 93-106, 2014 [online]. Disponível em: <http://www.br-ie.org/pub/index.php/rbie/article/view/2396>.

Ensino da FMC se situa. Se os alunos do Ensino Médio apresentam um interesse em entender conceitos da FMC relacionados à construção e funcionamento das tecnologias modernas atuais, como o *laser*, os raios-X, os semicondutores utilizados na eletrônica, a medicina nuclear, o aparelho micro-ondas, o GPS, de que forma esses conceitos estão presentes e fazem parte da formação dos próprios agentes de desenvolvimento e inovação tecnológica? Essa temática abrange o contexto político, econômico e social de uma nação porque a criação e inovação de tecnologias modernas estão intimamente relacionadas com a formação de agentes das áreas científicas fazendo com que países invistam, cada vez mais, na criação de tecnologias que envolvem conceitos de FMC. Nesse contexto é que passei a refletir sobre a figura do engenheiro, um dos agentes responsáveis por criar e inovar tecnologias relacionadas a tal desenvolvimento.

Esse parece ser um campo que, a primeira vista, foge de minha alçada porque não sou formado em Engenharia e não atuo numa área relacionada. Mas, o olhar por alguém externo a este ambiente pode ser de grande importância, sobretudo por se tratar de questões inerentes ao aprendizado em Física e que perpassam o campo curricular. Dessa forma, pretendo compartilhar neste trabalho um pouco de minha trajetória, do meu caminho, de mim mesmo e espero dar uma contribuição, mesmo que pequena, para futuros questionamentos e perspectivas pertinentes ao campo da Educação em Engenharia, especificamente no que tange ao Ensino da Física Moderna e Contemporânea.

INTRODUÇÃO

O ensino de Física no nível médio convive, ultimamente, com uma série de indefinições e questionamentos e uma delas refere-se justamente à introdução de temas ou conceitos da Física Moderna e Contemporânea. Mesmo que os documentos oficiais voltados o Ensino Médio, como as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (DCNEM), os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) e as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+) regulamentem em favor da introdução de tópicos da FMC no ensino de Física, algumas indefinições ainda permanecem quando direcionamos nosso olhar para a prática docente, bem como para a complexidade inerente ao campo curricular.

No que tange ao complexo universo da Educação, a problemática relacionada à incorporação de temas ou conceitos da FMC no currículo do Ensino Médio pode estar relacionada com a prática docente, pois o professor pauta-se por escolhas de tópicos ou temas a serem ensinados que são balizados por critérios que comumente estão regulados pelo tempo didático disponível em sala de aula ou pela complexidade conceitual desse ramo da Física, no sentido de requerer um ensino de natureza mais qualitativa em detrimento da quantitativa. Nessa direção, a formação do professor nos cursos de Licenciatura em Física também tem sido objeto de investigação, como podemos verificar nos trabalhos de Rezende Júnior (2006); Souza Cruz e Rezende Júnior (2009); Gerbassi, Oliveira e Vianna (2007); Osterman (1999) e Ostermann e Ricci (2004).

No âmbito do Ensino Médio, na literatura existem importantes trabalhos que fazem uma revisão bibliográfica abordando a questão da incorporação da FMC neste nível de ensino, como por exemplo, Silva e Almeida (2011) e Ostermann e Moreira (2000). Inclusive, dentre as muitas justificativas para a inserção da FMC no Ensino Médio, Barojas (1988) *apud* Ostermann (1999), na Conferência Interamericana sobre Educação em Física, elenca alguns motivos. Dentre eles destaca-se: despertar a curiosidade dos estudantes e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano, pois os estudantes não têm contato com o excitante mundo da pesquisa atual em Física porque não veem nenhuma Física além de 1900. Para Barojas (1988) *apud* Ostermann (1999), essa situação é inaceitável em um século no qual ideias revolucionárias mudaram a ciência totalmente. Além disso, a inserção da FMC poderá causar entusiasmo para estudar Física e atrair jovens para a carreira científica.

Os PCN para o Ensino Médio do Brasil também apontam na direção de uma profunda reformulação do currículo de Física na Educação Básica e a inserção da Física Moderna e Contemporânea nos currículos: é preciso estabelecer uma maneira de atrair jovens para a carreira científica, disseminar os conhecimentos que a ciência e a tecnologia propiciam à população e esclarecer o estudante quanto às pseudociências (BRASIL, 1999).

Diante de algumas justificativas para a inserção da FMC no Ensino Médio, apresentadas anteriormente, queremos refletir sobre uma delas: “atrair e entusiasmar os jovens a seguirem a carreira científica”. Mas, o que se entende por carreira científica?

Entendemos que o conceito de cientista é bastante amplo, não se restringindo, inclusive, somente às áreas das ciências naturais, mas envolvendo também as áreas das ciências humanas. No entanto, a título de exemplo, para tecer alguns direcionamentos à indagação anterior, vamos analisar os agentes que trabalham em um dos maiores empreendimentos científicos da atualidade: o Centro Europeu de Pesquisas Nucleares (CERN), um dos maiores laboratórios de Física de partículas do mundo.

O CERN é considerado hoje um dos maiores centros de pesquisa de desenvolvimento científico e tecnológico do mundo. Situado na região noroeste de Genebra, na fronteira Franco-Suíça, constitui-se numa gigantesca obra de engenharia e avançada tecnologia que emprega em suas instalações um conjunto de seis aceleradores. O mais famoso deles é o LHC, do inglês Large Hadron Collider (*Grande Colisor de Hádrons*) com os seus 27 km de circunferência a 100 metros de profundidade. Em suas instalações, os modelos teóricos são testados de forma que a fronteira da ciência está presente em grande parte dos experimentos que buscam entender a constituição da matéria do mundo subatômico, bem como a origem e formação do universo por meio de experimentos de altíssima energia (KNEUBIL, 2013). A figura 1 apresenta a localização e uma ideia da dimensão do LHC.

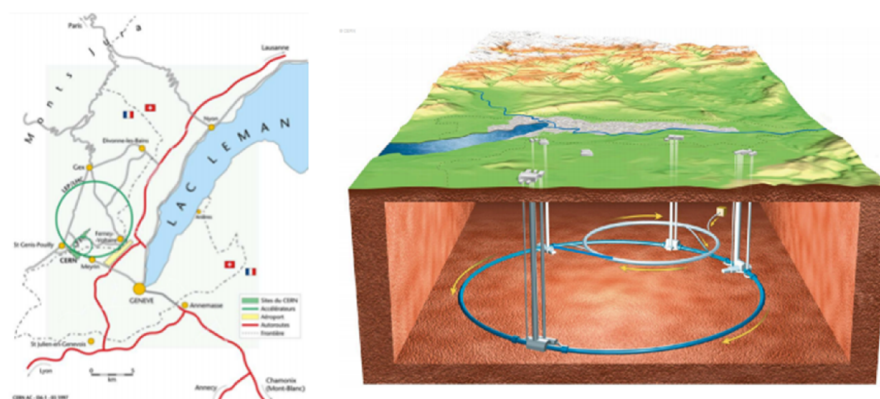


Figura 1 – Esquema de localização e ilustração do complexo subterrâneo do CERN

Fonte: CERN, 2010 *apud* LOPES, 2011, p. 24.

Uma indagação pertinente é: quem são os pesquisadores que atuam no CERN? Certamente, é de se esperar que sejam muitos cientistas. No entanto, procurando por essa informação no *site* do próprio CERN², encontramos a seguinte frase: “há 10 vezes mais engenheiros e técnicos empregados pelo CERN que os físicos de pesquisa. Por quê?” A resposta, que se encontra neste mesmo endereço eletrônico, afirma que os engenheiros são responsáveis por construir e testar as máquinas com variados desafios na vanguarda da tecnologia, desde a escala atômica até a colossal, tornando-se, assim, vitais para as atividades do CERN porque impulsionam os limites da Física experimental ao atuar no desenvolvimento de algumas das tecnologias mais avançadas do mundo.

Neste âmbito, vemos que na fronteira da Ciência as distâncias entre os agentes envolvidos no desenvolvimento do conhecimento científico são muito tênues. Então, seguir a carreira científica não quer dizer que somente a figura do cientista é a que deve ser referenciada, pois, como vimos anteriormente, o engenheiro também se constitui como um dos agentes responsáveis pelo desenvolvimento científico e tecnológico.

Retomando a justificativa para a inserção da FMC no Ensino Médio relacionada à motivação dos jovens a fim de quererem seguir carreiras científicas, julga-se relevante investigar também o papel da FMC nas próprias carreiras científicas, ou seja, se a questão da motivação está presente no Ensino Médio, seria importante também estar presente na formação de agentes responsáveis pelo desenvolvimento científico e tecnológico, aliada agora a um novo cenário ao qual a FMC está fortemente imbricada.

Souza (2014) assinala que apesar de haver uma gama de pesquisas sobre o Ensino de FMC na Educação Básica e também nos cursos de licenciatura, não se encontra muitos estudos semelhantes para outros cursos do Ensino Superior, como nas engenharias. Para a autora, os argumentos e justificativas não são e nem devem ser os mesmos utilizados para defender (ou não) o Ensino de FMC na Educação Básica, etapa esta com outros objetivos de formação. No entanto, diante desse panorama, algumas reflexões podem ser direcionadas: a tradição da Física Clássica no Ensino Médio e a dificuldade de inserir “novos” conteúdos nas estruturas curriculares se refletem também nos cursos de Engenharia? Será que as disciplinas de Física nesses cursos precisam também de uma reestruturação quando estão envoltas por um novo contexto pertinente ao desenvolvimento científico e tecnológico? Existe um consenso sobre quais tópicos ou temas de FMC ensinar nos cursos de Engenharia?

² Sobre o CERN: Engenharia. Disponível em: <http://home.web.cern.ch/about/engineering>

Os questionamentos delineados até aqui se constituem objetos de investigação de nosso trabalho. Salientamos que uma das principais questões que diferencia o discurso voltado para a inserção da FMC no Ensino Médio e em cursos do Ensino Superior voltados para carreiras científicas, especificamente a Engenharia, relaciona-se com o contexto do desenvolvimento científico e tecnológico.

Não é difícil constatar nas últimas décadas a relevância e pertinência que a temática do desenvolvimento científico e tecnológico tomou em muitos países no que se refere ao desenvolvimento e inovação de tecnologias visando, por exemplo, à autonomia tecnológica, à exploração aeroespacial ou ao desenvolvimento da tecnologia nuclear com aplicações diretas na medicina, geração de energia elétrica, conservação de alimentos, invenção de novos materiais, entre outros. Nesse sentido, convém destacar que a tecnologia assume um importante componente no cenário social, político e econômico de uma nação, bem como está associada a um poderoso motor da cultura quando concebida em uma de suas dimensões: do empreendimento humano como estudo do artificial e produtor de saberes específicos em estreita relação com os saberes científicos (RICARDO; CUSTÓDIO; REZENDE JUNIOR, 2007).

Mas, qual seria a relação entre o desenvolvimento da Engenharia com a Ciência e tecnologia? Bunge *apud* Cupani (2013) faz uma distinção entre técnica e tecnologia. A primeira relaciona-se à transformação da natureza pelo homem que utiliza conhecimentos pré-científicos e a segunda, consiste na técnica de base científica, surgida a partir do século XVIII, junto com a revolução industrial.

Nesse sentido, pode-se perceber que no âmago do advento da engenharia moderna encontra-se uma estreita relação entre conhecimento científico e tecnologia. Pode-se dizer que a engenharia moderna “nasceu” da intrínseca relação entre ciência e tecnologia, especificamente a partir do século XVIII.

Mediante a inter-relação da tríade: ciência, tecnologia e engenharia moderna apontada anteriormente, dentre os conhecimentos indispensáveis pelos quais o desenvolvimento científico se constitui encontra-se a Física, ciência imprescindível para a formação de todos aqueles que pretendem dedicar-se ao estudo, ensino, investigação e aplicação científica e tecnológica, especialmente aos acadêmicos dos cursos de Engenharia e de Tecnologia (MASSON *et al.*, 2005).

A criação de tecnologias que envolvem conteúdos de FMC tem se tornado cada vez mais alvo de investimentos pelas nações. Um exemplo disso são os Estados Unidos, os quais no início do século já contavam com 30% do seu PIB relacionado diretamente com as

tecnologias decorrentes da FMC, em especial, com a Física Quântica (SBF, 2005). Além disso, o mercado mundial de semicondutores, por exemplo, já em 2007 era estimado em cerca de 270 bilhões de dólares e estima-se que até 2015 os bens e serviços de base nanotecnológica deverão ultrapassar um trilhão de dólares anuais (SBF, 2005).

O PIB (Produto Interno Bruto) e a renda *per capita*, ainda que com divergências e controvérsias, constituem-se importantes indicadores para a atividade econômica de um país. Analisando-se dados do Banco Mundial (2013), o Brasil apresentou um PIB de R\$ 4 trilhões (US\$ 2,223 trilhões) em 2012. De 10ª economia mundial medida pelo PIB e verificada nos anos de 2005 e 2006, o país subiu um posto por ano a partir de 2007, chegando à 6ª posição em 2011. De 2011 para 2012 voltou para a 7ª posição, ficando atrás do Reino Unido (6ª), França (5ª), Alemanha (4ª), Japão (3ª), China (2ª) e Estados Unidos (1ª).

Segundo Almeida *et al.* (2013), de acordo com os dados disponíveis no portal do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), no ano de 2012 (Figura 2) o setor responsável por mais da metade da composição do PIB brasileiro foi o de Serviços. Dentre os setores do PIB, aquele que emprega mais diretamente o desenvolvimento de tecnologia em seus produtos é o Industrial, sendo que os outros dois setores, de Serviços e de Agropecuária, são mais usuários dos produtos decorrentes da tecnologia do que propriamente produtores de tecnologia. Dentro do setor Industrial, que responde por menos de um quarto do PIB total, o subsetor de Transformação, que responderia pela maior demanda de desenvolvimento tecnológico, é a atividade econômica que responde pela metade do PIB deste setor e corresponde a 11,3% do PIB total.

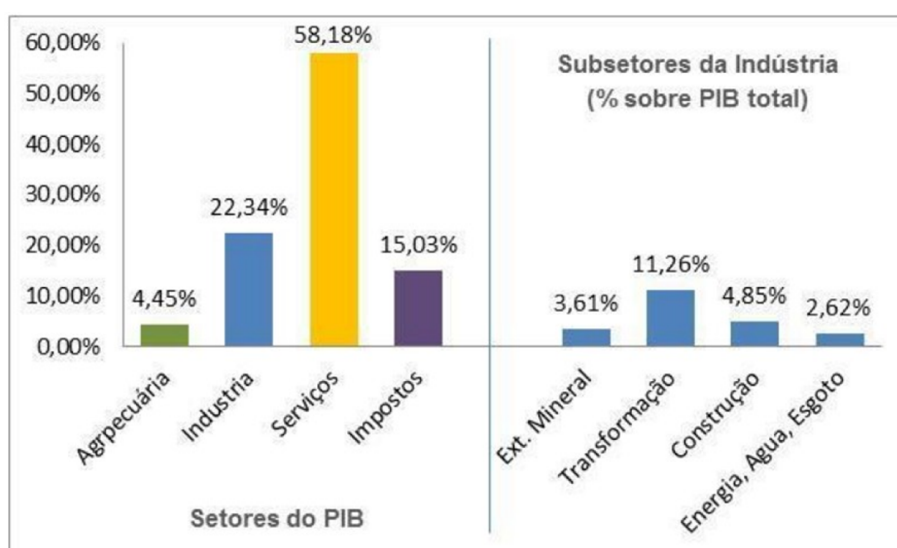


Figura 2. Distribuição percentual do PIB de 2012 do Setor da Indústria e seus quatro Subsetores sobre o PIB total.

Fonte: Almeida *et al.* (2013, p. 38).

Um estudo realizado pelo Departamento de Competitividade e Tecnologia (DECONTEC/FIESP, 2013) indica que a fatia de 13,3 % do setor da Indústria de transformação no PIB brasileiro foi a menor desde 1955. Nesse mesmo estudo, 25 países responsáveis por 80% do PIB mundial foram selecionados para comparar o grau de industrialização e renda *per capita* com os níveis brasileiros. Dentre os indicadores apontados pelo estudo, os dados da comparação evidenciam que uma maior participação da indústria de transformação no PIB e uma elevada taxa de investimento são fatores determinantes para o maior crescimento econômico de um país, abreviando o tempo que uma nação leva para dobrar sua renda *per capita*.

Para Almeida *et al.* (2013), o baixo percentual no PIB brasileiro da Indústria de transformação pode ser reflexo do desenvolvimento tecnológico do país, considerado inferior ao dos “países de primeiro mundo”. Verifica-se que o Brasil não possui produtos eletroeletrônicos com inserção internacional, por exemplo, o que pode significar que a continuidade do crescimento econômico de um país esteja intrinsecamente relacionada com o desenvolvimento tecnológico, portanto necessitando, dentre outros fatores, de mais investimento e mais pessoal com formação nas áreas de tecnologia e Engenharia.

Nesse cenário, surgem questões pertinentes ao ensino de Engenharia, que possui a atribuição de capacitar profissionais que, direta ou indiretamente, devem ser agentes de inovação científica e tecnológica. No entanto, para que esse profissional crie, desenvolva ou adapte tecnologias modernas, é imprescindível que conteúdos de FMC façam parte de sua formação. Inclusive, tal conhecimento torna-se necessário não somente para o desenvolvimento de novas tecnologias, mas também para que esse profissional possa tomar decisões conscientes, considerando as implicações sociais, ambientais, econômicas e políticas do desenvolvimento tecnológico atual (CUSTÓDIO; SOUZA; REZENDE JÚNIOR, 2013).

Retomando alguns questionamentos realizados anteriormente pertinentes ao ensino da FMC em cursos do Nível Superior voltados para as áreas científicas e tecnológicas, apesar da intrínseca relação entre a FMC com a construção e funcionamento de tecnologias modernas, esses elementos da Física estão presentes de forma discreta nos cursos voltados para áreas tecnológicas, como no caso das Engenharias. Uma breve análise das Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCNCE) indica que apesar de apontarem a obrigatoriedade de conteúdos de Física nos currículos dos cursos, não indicam quais conteúdos devem ser abordados, ficando a critério das Instituições de Ensino Superior (BRASIL, 2002). A preocupação com essa aparente defasagem no ensino de Engenharia tem chamado a atenção de alguns pesquisadores nos últimos anos. Algumas pesquisas como as de

Manini e Dias (2006); Mckagan, *et al.* (2006); Niño *et al.* (2006); Perfol e Rezende Junior (2006); Cunha *et al.* (2008); Lemes *et al.* (2009); Lemes e Rezende Júnior (2011) e Custódio, Souza e Rezende Júnior (2013) advogam acerca da necessidade de implantação e ampliação da presença FMC de maneira efetiva e formativa nos cursos de Engenharia no Brasil, para que, inclusive, proporcione ao profissional engenheiro acompanhar as inovações tecnológicas decorrentes desses conhecimentos, não somente tornando-o apto a utilizá-las, mas também capaz de desenvolvê-las e compreendê-las em seu processo de funcionamento.

Nessa direção, a introdução efetiva da FMC no ensino de Engenharia se faz pertinente porque a figura do engenheiro está intimamente relacionada com o desenvolvimento de tecnologias modernas, pois pressupõe conhecimentos de FMC para sua criação. Assim, uma formação sólida voltada também para a compreensão de tópicos da Física do século XX é um pressuposto básico que o futuro engenheiro deveria ter para possibilitar sua atuação ativa na criação de tais tecnologias. Tal cenário contribui para que um país não fique à espreita e dependente de tecnologias modernas importadas, agindo como mero consumidor.

Delineada a importância de se introduzir conceitos da FMC na Engenharia, um questionamento relevante seria: quais seriam, então, os conceitos da FMC que poderiam ser introduzidos nos cursos de Engenharia? Ao mencionar que a Física Moderna vem gerando novas áreas de especialização imprescindíveis para o desenvolvimento de qualquer nação, Szajnberg e Zacon (2001), por exemplo, propõem uma readequação no Ensino da Física de todos os cursos superiores, especialmente das engenharias, a fim de compatibilizá-las com o desenvolvimento científico e tecnológico, sendo pautada principalmente pela inserção de conteúdos da FMC. Analisando-se percebe-se um grande avanço, pois em dois semestres propõe-se tratar de quase todos os tópicos da Física Moderna. Mas, de que forma essa proposta foi concebida? Por que alguns tópicos foram escolhidos e outros não? O que dizem os professores, engenheiros atuantes ou pesquisadores sobre ela? Quando tais indagações são feitas, começamos a permear algumas questões do campo curricular, campo este determinado por complexos fatores nos quais a prática docente também está inserida. Retomando uma das indagações já mencionadas anteriormente: existe um consenso sobre quais tópicos ou temas de FMC ensinar nos cursos de Engenharia?

Para McKagan, Perkins e Wieman (2006), ao contrário da Física introdutória, em que há um conjunto bem definido de temas sobre os quais a maioria dos especialistas concorda em abordar nos cursos de Engenharia, não há um consenso sobre o que deve ser ensinado nas classes mais avançadas, em especial sobre a FMC. Com o intuito de reformular uma

disciplina de FMC para alunos da Engenharia, os autores entrevistaram sete docentes de Física da Universidade do Colorado (USA) sobre quais seriam, na opinião deles, os conceitos mais importantes relacionados à FMC a se ensinar para os cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica. Em geral, os professores concordaram que o estudante de Engenharia precisa saber sobre as aplicações da Mecânica Quântica (MQ), como dispositivos eletrônicos, *lasers*, microscópio de tunelamento e ressonância magnética, além de ter conhecimento sobre a origem quântica da ligação molecular e da estrutura da matéria. No entanto, os professores alegaram que seus alunos da Engenharia não precisam saber sobre a Relatividade Especial, principalmente pelo formalismo matemático apresentado.

As divergências sobre quais tópicos da FMC inserir na Engenharia podem ser dirigidas para o campo curricular, onde relações de poder e identidade estão imbricadas. Dessa forma, este trabalho tem por objetivo identificar tópicos da FMC que poderiam ser inseridos no currículo de Engenharia consultando professores de Engenharia, pesquisadores em Ensino de Engenharia e engenheiros atuantes valendo-se da Técnica *Delphi* de pesquisa.

No primeiro capítulo, discorremos sobre o desenvolvimento de conceitos sobre a filosofia da tecnologia para a compreensão da gênese da Engenharia no âmbito das intrínsecas relações entre Técnica, Ciência e Tecnologia, principalmente analisando-se os pressupostos epistemológicos da tecnologia em sua relação com a ciência e técnica. No que se refere aos pressupostos epistemológicos da tecnologia, encontramos na teoria de Mário Bunge um referencial que vem ao encontro de nossa temática pertinente à formação do engenheiro visando o desenvolvimento de tecnologias modernas, conceito este denominado de “tecnólogo”. No que tange ao desenvolvimento da Ciência, voltamos o olhar para a Física Moderna e Contemporânea e a forma pela qual a FMC ressignificou as bases do desenvolvimento tecnológico, o que demandou outros pressupostos na formação de agentes responsáveis pela produção de tecnologias modernas, principalmente as que envolvem conteúdos elementares da FMC em seu desenvolvimento e funcionamento. Neste capítulo, do ponto de vista epistemológico, evidenciamos a intrínseca presença da FMC no desenvolvimento de tecnologias modernas, o que nos faz refletir sobre a formação dos engenheiros, um dos agentes responsáveis pelo desenvolvimento e inovação dessas tecnologias modernas.

Adiante, no segundo capítulo, abordamos o perfil do engenheiro atual conforme os documentos oficiais propõem, juntamente com as formações e competências que lhes são atribuídas perante o contexto de desenvolvimento científico e tecnológico da atualidade. Desenvolvemos neste capítulo o cenário das pesquisas direcionadas para o ensino da FMC,

tanto na escola básica como na Engenharia, procurando construir paralelos entre ambos os níveis de ensino e estabelecendo a problemática central de nosso trabalho no que tange à escolha da técnica *Delphi* em nossa pesquisa.

No capítulo seguinte, Capítulo 3, procuramos descrever a técnica *Delphi* e a forma como esta técnica vem ao encontro da necessidade de conduzir a problemática em questão para o campo curricular a fim de fomentar direcionamentos relacionados. Entretanto, não pretendemos adentrar minuciosamente nas teorias do campo curricular, mas apenas invocar alguns elementos que permitem um embasamento teórico-metodológico para justificar a pertinência do uso da técnica de pesquisa *Delphi*.

Posteriormente, no quarto capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos e o desenvolvimento da pesquisa, bem como questões referentes à identificação dos grupos respondentes com posteriores discussões e apontamentos. Por fim, no último capítulo, procedemos algumas análises e considerações sobre os resultados da pesquisa retomando alguns conceitos desenvolvidos nos capítulos precedentes.

CAPÍTULO 1 – CIÊNCIA, TÉCNICA E TECNOLOGIA E OS PRESSUPOSTOS DA ENGENHARIA

É inegável a presença da tecnologia em nosso cotidiano, como também é evidente a grande preocupação das nações quando o assunto se refere à inovação tecnológica ou ao desenvolvimento científico.

De uma perspectiva histórica, quando olhamos para objetos que são fruto do desenvolvimento científico e tecnológico (como, por exemplo, um celular), juntamente com o processo de construção da ciência, em um primeiro momento, ainda que intuitivamente, concluímos que o desenvolvimento de tais aparatos foi possível porque a tecnologia culminou do desenvolvimento científico, ou seja, a tecnologia seria uma implicação ou consequência da criação de leis e teorias. Historicamente, essa atividade se desenvolveu no “final” de um processo de construção do conhecimento científico, onde leis e teorias já estavam estabelecidas e davam um substancial aporte à ciência como a entendemos atualmente. Além disso, parece trivial dizer que a tecnologia refere-se apenas à aplicação do conhecimento científico visando à intervenção do homem na natureza para satisfazer suas necessidades, sejam elas essenciais ou não.

Convém destacar que a mera associação da tecnologia à forma como o homem intervém na natureza para satisfazer suas necessidades em um determinado contexto torna-se objeto de reflexão, pois, bem antes da ciência ou da tecnologia se desenvolverem, o homem já atuava em seu próprio ambiente por meio de ferramentas a fim de garantir sua sobrevivência. Inclusive, a capacidade do homem de criar ferramentas relaciona-se com a técnica e confunde-se com sua evolução no seio de determinado contexto histórico e cultural. Dessa forma, parece haver uma confusão conceitual entre tecnologia e técnica, aliada ainda ao entendimento da tecnologia como ciência aplicada. Nesta visão, inclusive, a relação entre técnica, ciência e tecnologia parece, em um primeiro momento, linear e cumulativa, ou seja, a evolução da técnica em si é que proporcionou o desenvolvimento da tecnologia, que também evoluiu como consequência da aplicação do conhecimento científico.

Entendemos que tais questões merecem ser discutidas, até porque suas possíveis respostas e direcionamentos não evidenciam o estabelecimento de um consenso na academia, principalmente quando se trata de conceber a tecnologia como ciência aplicada, da técnica acrescida de conhecimento científico, ou remeter à tecnologia uma inerente complexidade e ambiguidade. Nesse sentido, tais questões suscitam alguns questionamentos que queremos destacar: qual a natureza e característica da concepção de tecnologia quando é definida como

ciência aplicada? Qual a natureza da relação entre ciência e tecnologia? Atualmente, que tipo de conhecimentos o “fazer tecnológico” requer? De que forma a Engenharia situa-se no âmbito desta relação entre ciência e tecnologia na atualidade? Então, quais são o perfil e o papel do engenheiro atualmente? Basicamente, são essas indagações que norteiam o desenvolvimento deste capítulo, situando-se, inclusive, numa dimensão maior no que se refere ao objetivo deste trabalho. Mas, evitando um tratamento reducionista à tecnologia, queremos, inicialmente, situá-la no plano da reflexão filosófica.

O estudo relacionado ao desenvolvimento do conhecimento científico, da validade de teorias e da experimentação parece bem estabelecido no ambiente acadêmico, principalmente nos cursos superiores que oferecem disciplinas filosóficas que recebem o nome de “Filosofia da Ciência” ou “Epistemologia”. Mas, e quanto à tecnologia? Podemos falar de uma filosofia da tecnologia?

Ainda que uma resposta afirmativa gere um ar de desconfiança, veremos que podemos sim conceber a tecnologia como objeto de estudo filosófico, a começar pelos questionamentos que ela suscita.

Quando o assunto refere-se à tecnologia, algumas pessoas não relutam em dizer que o computador, a internet, o celular, ou as comodidades que os aparelhos tecnológicos proporcionam tornam as pessoas mais cômodas ou ociosas. Certamente essas pessoas viveram em uma época bem diferente da realidade tecnológica atual, o que suscita comparações e questionamentos do ponto de vista ético, moral, ou até mesmo religioso. Não estamos fazendo julgamentos ou defendendo a tecnologia, mas procurando evidenciar alguns questionamentos que, de fato, julgamos relevantes por assumirem uma complexidade que também envolve a dimensão humana. Por exemplo, por acaso a eficiência dos meios de transportes não deixa as pessoas mais cômodas dificultando o exercício físico, o que pode prejudicar a saúde? A tecnologia nuclear utilizada para fins bélicos não é também utilizada na medicina para salvar vidas? Nossa sociedade viveria melhor com ou sem tecnologia?

O fato é que algumas indagações vão além do senso comum denotando a ampla dimensão na qual se situa a tecnologia, dimensão esta não limitada a uma associação unívoca entre tecnologia, objetos tecnológicos, ciência e engenharia. Procurando conceber a tecnologia por uma ótica filosófica, Cupani (2010), por exemplo, explana alguns questionamentos que, por sua abrangência, merecem ser mencionados:

Ao olhar filosófico, a tecnologia suscita todo tipo de questões, a começar pelas ontológicas, isto é, as relativas ao ser da tecnologia. É ela uma "coisa", um processo ou o quê? Trata-se de algo real ou apenas de uma noção com que pensamos um conjunto de objetos, atividades e eventos? Há uma diferença essencial entre técnica e tecnologia? Qual é o ser dos artefatos? Como se diferenciam o natural e o

artificial? Existe hoje em dia algo puramente natural? Como consequência dessas perguntas, torna-se mais aguda uma questão preexistente: o que é algo natural? Tem a tecnologia uma dinâmica própria? É por acaso autônoma (uma suposição suscitada pela aparente impossibilidade de mudar seu rumo)? Determina a tecnologia os outros elementos da sociedade (economia, política, cultura)? É ela determinada por algum desses fatores, em particular? O filósofo pode formular também questões antropológicas, vale dizer relativas ao sentido da tecnologia na existência humana. É a tecnologia algo constitutivo da condição humana ou um evento acidental? Responde a necessidades biológicas ou indica uma peculiaridade humana? Contribui para o progresso do homem ou para seu desenvolvimento cultural ou os prejudica? Pode a tecnologia satisfazer necessidades espirituais, além das materiais? As questões filosóficas acerca da tecnologia podem ainda ser também epistemológicas, ou seja, referentes ao saber produzido e implicado pela tecnologia. Aqui, a pergunta básica é: consiste a tecnologia apenas na aplicação da Ciência à resolução de problemas práticos? É possível e/ou necessário diferenciar Ciência aplicada de tecnologia? Que relação tem com o saber vulgar, especialmente com as técnicas não científicas? Existem leis tecnológicas? Importa a verdade em tecnologia? E quanto ao uso das tecnologias: o que significa saber utilizá-las? É esse saber algo meramente repetitivo ou tem um aspecto criador? (CUPANI, 2010, p. 01).

Queremos ressaltar que não vamos entrar no mérito de responder tais questionamentos que, inclusive, não se esgotam, pois estamos exemplificando a complexidade e abrangência de questionamentos que a tecnologia suscita. No entanto, podemos, sem dúvida, afirmar que a tecnologia modificou os modos de vida das pessoas tornando-se parte da cultura e da dimensão humana. Nesse sentido, vemos que a tecnologia assume questionamentos de dimensões amplas e profundas que envolvem a natureza humana, sua cultura, organização social, aliando-se, inclusive, a questões políticas e econômicas subjacentes a uma nação.

Apesar de a tecnologia estar presente em praticamente todos os âmbitos de nossa existência, Lenzi (2013) menciona que não devemos reduzi-la a um pensamento estritamente hipertecnificado, ou seja, que encontra seu valor apenas em sua utilidade prática. Entendemos que esse pensamento pode se relacionar também à concepção salvacionista da tecnologia, como se ela, por si só, se encarregasse de reverter ou resolver os problemas de nossa sociedade no que se refere, por exemplo, às questões ambientais, à modificação genética de organismos, ou à cura de doenças causadas, muitas vezes, pela própria tecnologia. Vale dizer que essa concepção hipertecnificada dificulta também conceber a tecnologia como uma realidade complexa, o que pode levar, inclusive, a conclusões simplistas no que se refere às relações entre técnica, tecnologia e ciência.

Mas o fato de a tecnologia suscitar questionamentos pertinentes a sua natureza controversa e ambígua já é o suficiente para dizer que é objeto de reflexão filosófica? Segundo Cupani (2013), tomar um conceito como objeto de reflexão filosófica começa, tradicionalmente, pela definição e identificação de tal objeto. Inicialmente, podemos até relacionar a tecnologia a objetos tecnológicos, como por exemplo, um computador ou um

automóvel, mas, os processos que esses objetos possibilitam não são também tecnológicos? Nosso modo de agir valendo-nos da tecnologia da informação, nosso modo de nos programarmos para “controlar” o futuro economizando tempo e esforço não reflete uma “atitude e uma mentalidade tecnológicas” (CUPANI, 2013, p. 14)?

Neste trabalho, vemos que conceber a tecnologia como “processo” e “modos de agir” denota uma intrínseca relação da tecnologia com a dimensão humana. Um objeto tecnológico pode até ser concebido para certa finalidade prática, como um avião, por exemplo, criado para o transporte. No entanto, o modo de agir do homem transcende a utilidade para qual um objeto tecnológico foi concebido, pois vemos a utilização do avião também para fins bélicos, por exemplo. Então, questões éticas parecem intrínsecas aos objetos tecnológicos porque o modo de agir do homem o é. Não precisamos ir muito longe para entender isso. Tomando como exemplo uma simples faca criada para facilitar a vida do homem, dependendo de seu uso, esta também pode tirar-lhe a vida.

Nesse sentido, segundo Lenzi (2013), a filosofia, enquanto área do conhecimento que busca entender, por meio da flexão crítica e sistemática da realidade, os significados, a essência, a estrutura e origem das coisas em sua razão estritamente teórica e especulativa, pode auxiliar na problematização de questões sobre a natureza da tecnologia em diversos âmbitos, como por exemplo: “para a resolução de problemas práticos complexos que nascem da forte presença dos artefatos na vida, das relações humanas com as máquinas” (LENZI, 2013, p. 10) ou em intervenções políticas polêmicas para mediar soluções de problemas no campo da ética.

Entendemos também que conceber a tecnologia como objeto de estudo filosófico ajuda a compreender seus pressupostos epistemológicos enquanto área de conhecimento, bem como sua intrínseca relação com a ciência. Nesse sentido, se queremos direcionar respostas às questões que norteiam este capítulo, mencionadas anteriormente, principalmente pertinentes à relação entre tecnologia e ciência, juntamente com as possíveis implicações e decorrências dessa relação para a gênese e o desenvolvimento da Engenharia, entendemos que primeiro temos que conceber técnica e tecnologia como uma realidade complexa, como um objeto de estudo filosófico, não restrito a classificações e associações simplistas.

Para um entendimento mais amplo, inicialmente vamos discorrer sobre alguns autores que levantam a temática referente à técnica e tecnologia. Objetivamos apresentar um parâmetro de como tais discussões não são estanques, limitadas e consensuais na academia, demonstrando, inclusive, como essas discussões assumem um caráter relevante para se compreender o desenvolvimento da Engenharia e o papel do engenheiro em nosso contexto

atual, onde as questões do desenvolvimento científico e tecnológico revelam-se cruciais para o desenvolvimento de uma nação.

Dentre os muitos conhecimentos de base científica relacionados ao fazer tecnológico do engenheiro, neste trabalho voltamos nosso olhar para a Física, especificamente as teorias construídas a partir do século XX e denominadas de Física Moderna e Contemporânea. Nesse sentido, faremos uma breve descrição histórica da FMC apresentando conceitos que certamente ressignificaram os parâmetros e concepções da Ciência e da Engenharia trazendo implicações diretas na forma de se conceber e compreender o desenvolvimento científico e tecnológico atual, envolto por questões de ordem econômica, política e social.

Recapitulando, queremos reiterar que o objetivo deste capítulo é procurar compreender a gênese da Engenharia no âmbito das relações entre técnica, ciência e tecnologia a fim de delinear o perfil e o papel do engenheiro atual, envolto por questões em que os conhecimentos de base científica, em especial a FMC, exercem um papel fundamental para o desenvolvimento de artefatos tecnológicos necessários ao desenvolvimento científico e tecnológico no contexto político, econômico e social de uma nação.

1.1 A TÉCNICA E A TECNOLOGIA

Segundo Páez (2003), a técnica pode ser abordada de quatro perspectivas diferentes: da realização concreta, da vigência social, das condições que impõe para a existência individual e da sua dimensão antropológica. Vamos fazer uma breve explanação sobre tais abordagens.

A categoria das “*realizações concretas*” refere-se ao conjunto de entidades artificiais que povoam nosso mundo. Entende-se que nesta dimensão a técnica e a tecnologia assumem naturezas semelhantes. Cupani (2013, p. 14) menciona que “o que parece reunir formas antigas e modernas de técnica e tecnologia é a circunstância de que representam manifestações da capacidade humana de *fazer* coisas. Ao fazer, o homem origina os *artefatos*, vale dizer, os objetos ou processos artificiais”. Artefato e artificiais denotam o que foi produzido conforme uma “arte” de forma que um artefato é “aquilo feito com arte” e o artificial é aquilo que resulta da arte ou *techne*, que o distingue do natural. Vale destacar que “a palavra arte é o equivalente latino do termo grego *techne*, que designava uma habilidade envolvendo um saber específico, daí o vocábulo técnica e seus cognatos” (MITCHAN, 1994 *apud* CUPANI, 2013, p. 16).

Em nosso cotidiano, não é difícil perceber que a técnica ocupa um lugar essencial em nossas ações visando à produção ou utilização de um objeto ou processo artificial. Por exemplo, para preparar um alimento, com um bolo ou pão, utilizamos uma receita, que subentende a adoção de regras em sua confecção e supõe a aquisição de habilidades para tal. Ou então, na montagem ou confecção de um automóvel a técnica se faz presente, bem como a utilização deste pelo condutor requer habilidades específicas.

Com essa concepção ampla de técnica, entendida como realização concreta, Cupani (2013) faz uma distinção entre duas técnicas: a técnica tradicional e a técnica moderna. A técnica tradicional tem como base o conhecimento empírico, que por sua vez está relacionada com a aquisição de uma habilidade transmitida, na maioria das vezes, oralmente de geração em geração. A técnica moderna, por sua vez, tem como base o conhecimento científico: a partir do século XIX, a ciência passou a embasar a construção massiva de artefatos de forma que essa produção técnica passou a constituir-se na tecnologia, como a entendemos atualmente. Diferentemente da técnica tradicional, entendemos que a técnica de base científica³, denominada tecnologia, possui outras regras e pressupostos em sua produção, utilização e transmissão, pressupostos estes regulados pelo contexto no qual um sistema econômico, político e social se situam.

Como nesta categoria técnica e tecnologia assumem naturezas semelhantes mediante o desenvolvimento de artefatos, observa-se a não neutralidade de ambas, o que necessariamente não acontece com o conhecimento científico. Um conhecimento no campo do saber não é neutro do ponto de vista epistemológico, pois se insere em um contexto e processo de construção, mas pode ser neutro do ponto de vista de sua realização concreta, relacionada com a finalidade para a qual um artefato foi concebido, ou associado ao seu processo de utilização, pois a finalidade de um artefato nunca é controlável e unívoca. É justamente nesse ponto que técnica e tecnologia provocam também reflexões no âmbito da axiologia, ou seja, da teoria dos valores que começa pela pergunta sobre o valor de cada uma delas revelando, inclusive, a amplitude das dimensões nas quais elas se situam; dimensões estas que vão desde questões éticas e culturais, a econômicas, políticas e sociais.

A categoria da “*vigência social*” relaciona-se com o lugar que a técnica ocupa na cultura e com a forma pela qual pode se estabelecer como uma ideologia. Com esse direcionamento,

³ O conceito relacionado à denominação de tecnologia como uma técnica de base científica será retomado neste capítulo.

a técnica tem suscitado reflexões que destacam o modo como ela mesma e a própria ciência têm chegado a converter-se em uma *ideologia*, perdendo seu caráter meramente instrumental ou subordinado, chegando a ser determinantes no mais elevado grau da mentalidade atual do mundo ocidental, desprezando outros âmbitos de reflexão e elegendo a eficácia como valor supremo (PÁEZ, 2003, p. 62-63 – tradução nossa).

Reflexões em torno da ciência e técnica como ideologia foram suscitadas pela chamada Escola de Frankfurt, principalmente por Herbert Marcuse e Jürgen Habermas, que, em 1968, publicou o artigo “Técnica e Ciência como Ideologia”.

Na categoria das “*condições que impõe para a existência individual*”, a técnica pode ser considerada como um modo que afeta a existência concreta dos homens de nosso tempo, especialmente de seu trabalho (PÁEZ, 2003). Nesta dimensão, percebe-se que a inserção dos objetos técnicos nas relações de trabalho de um sistema econômico, como advertiu Marx, suscita reflexões a respeito de uma condição de limite para o qual o homem se serve de um instrumento a ponto de se converter em seu servidor, principalmente no contexto das máquinas modernas. Segundo Ellul (1960) *apud* Páez (2003), de certa forma a preocupação do fundador do materialismo dialético não teria sido tanto o capital, mas sim a própria técnica, pois denota uma relação implícita entre homem, trabalho e máquina.

Em uma quarta categoria, pode-se estudar o tema da técnica em sua dimensão antropológica, ou seja, “da significação, origem e sentido que tem em um mundo a aparição de um ser técnico, artificial por natureza, forçado a traduzir a necessidade em liberdade, a impor ao mundo novas determinações e fazer emergir novas formas de existência propriamente humanas” (PÁEZ, 2003, p. 63 – tradução nossa). A vertente deste tema é propriamente filosófica e tem como autor pioneiro e mais expressivo o filósofo espanhol José Ortega Y Gasset, que publicou um livro em 1939 com o título *Meditacion de la técnica*, representando um escrito pioneiro na Filosofia da Tecnologia e uma fonte permanente de reflexão sobre o assunto.

Feita esta abordagem geral da técnica mediante a categorização de Páez (2003), entendemos que seu estudo revela-se importante para a compreensão da tecnologia num sentido mais amplo, procurando refletir, por exemplo, sobre a forma pela qual a tecnologia é concebida, entendida ora como continuação ou desdobramento da técnica tradicional, ora como aplicação da ciência à técnica para dar origem ao campo da Engenharia. Antes mesmo de estabelecer qualquer relação entre técnica e tecnologia, julgamos conveniente assinalar que:

A tecnologia assume uma dimensão humana que modifica nossas condições de vida e produz mudanças de grande alcance na existência humana. [A tecnologia] não se limita a ser meio, mas acaba sendo fim em si mesma, metas que se auto-impõem nas sociedades avançadas, interconectadas, globalizadas..., que vivem segundo suas exigências. A tecnologia não cria uma sobrenatureza, mas também uma sobresociedade. Não é um instrumento da sociedade, mas um elemento constitutivo dela (PÁEZ, 2003, p. 62 – tradução nossa).

A questão de a tecnologia ser um elemento constitutivo da sociedade indica a relevância de se compreender alguns dos pressupostos pelos quais se estrutura mediante a natureza de sua relação com a ciência e a técnica. É justamente com esse caráter que procuramos investigar a gênese da Engenharia, pois esse movimento pode possibilitar-nos compreender o perfil e o papel do engenheiro no contexto atual.

Assim, como queremos conceber a tecnologia como uma realidade complexa, de início, vamos discorrer sobre alguns pressupostos filosóficos de José Ortega Y Gasset, considerado, como já mencionamos, um dos pioneiros da Filosofia da Tecnologia, principalmente no que se refere à técnica e às decorrentes implicações e questionamentos que sua teoria sucita para se compreender a tecnologia. Queremos ressaltar que o motivo pelo qual abordaremos, mesmo que sucintamente, alguns conceitos da teoria de José Ortega Y Gasset refere-se ao fato de que a técnica, para este autor, assume uma conotação mais antropológica e se aproxima de nossos propósitos em compreender tanto a técnica quanto a tecnologia numa dimensão complexa e essencialmente humana.

Ortega y Gasset (1963) argumenta que sem a técnica o homem não havia existido e associa uma intrínseca inseparabilidade da técnica com o homem que busca sua sobrevivência por um “instinto de conservação” frente às condições naturais que impedem ou dificultam sua sobrevivência, como por exemplo, o frio e a falta de alimentos. Mas, a ideia de instinto é em si mesma muito vaga e obscura. E, mesmo que fosse clara, o homem não vive em definitivo de seus instintos, como é o caso de alguns homens que preferem morrer. Mas então, por que o homem vive?

Não se pode negar que o homem é um ser de necessidades impostas pela sua constituição biológica. As necessidades objetivas, como se alimentar ou se defender, são funções de uma necessidade ordinária: a necessidade de viver. E isso ocorre de modo peculiar: o homem vive porque quer. A sua necessidade de viver é, portanto, subjetiva e não lhe é imposta, pois sua existência é bem mais que um sistema de necessidades elementares, ou seja, orgânicas ou biológicas (ORTEGA Y GASSET, 1963).

Quando a natureza não propicia os meios necessários para o homem satisfazer as necessidades inerentes a sua vida, ele não se acomoda e resigna: quando não há fogo para se

aquecer, ele o faz; quando falta alimento, faz-se a agricultura ou a caçada; quando não há uma caverna, faz-se uma casa.

De onde resulta que estes atos modificam ou reformam a circunstância ou natureza conseguindo que nela haja o que não tem – seja que não exista aqui e agora quando se necessita, seja que em absoluto não existe. Pois bem, estes são os atos técnicos, específicos do homem. O conjunto deles é a técnica, que podemos, desde logo, definir como a reforma que o homem impõe à natureza em vista da satisfação de suas necessidades. Estas, temos visto, eram imposições da natureza ao homem. O homem responde impondo por sua vez uma mudança à natureza. É, pois, a técnica a reação enérgica contra a natureza ou circunstância que leva a criar entre esta e o homem uma nova natureza posta sobre aquela, uma sobrenatureza. Conste, pois: a técnica não é o que o homem faz para satisfazer suas necessidades. Esta expressão é equivocada e valeria também para o repertório biológico dos atos dos animais. A técnica é a reforma da natureza, dessa técnica que nos faz necessitados e carentes, reforma tal que as necessidades ficam, a ser possível, anuladas por deixar de ser problema sua satisfação (ORTEGA Y GASSET, 1965, *apud* CUPANI, 2013, p. 21-22 – tradução do autor).

Páez (2003) considera a reflexão de Ortega y Gasset sobre a técnica predominantemente no domínio antropológico e pode suscitar algumas indagações próprias do século XX: “acaso não resultam limitadas quando se aplica a uma técnica que já não intervém na realidade, mas que a cria” (PÁEZ, 2003, p. 62 – tradução nossa)?

Para Páez (2003), no âmbito de uma perspectiva atual, a obra orteguiana tem uma limitação no que se refere aos três primeiros aspectos do fenômeno da tecnicidade (das realizações concretas, da vigência social e das condições que impõe para a existência individual) pelos seguintes motivos: primeiro porque seus textos vieram à luz quando a técnica não suscitava os inquietantes problemas que hoje nos perseguem e segundo porque na forma de se conceber a técnica, Ortega Y Gasset denota uma subordinação do trabalhador à máquina e não dedica uma linha de questionamento sobre os efeitos dessa subordinação, pois vê na técnica uma realidade que independe de seus processos reais, livre de qualquer relação com uma ordem que mantém a opressão de uns homens por outros e neutra no que se refere à configuração da ordem social, juntamente com seus conflitos radicais.

No que se refere à dimensão antropológica da técnica, é justamente nesse aspecto que a obra orteguiana apresenta seu maior valor, pois propõe estudar o significado da técnica como componente essencial da vida humana concebendo o homem como um ser essencialmente técnico.

Nesse sentido, a técnica torna-se parte da cultura. Mas como a cultura e a natureza humana se relacionam? “Ortega se instala em uma enfática afirmação de que, por uma parte, o

homem é um ser técnico por natureza, mas por outra, carece dessa natureza, de forma que não tem natureza, mas história” (PÁEZ, 2003, p. 62 – tradução nossa).

Quando Páez (2003) menciona que a obra orteguiana afirma que o homem não tem natureza, mas história, podemos depreender que a natureza humana levanta a exigência da inderterminação pela cultura que se produz na história, pois a técnica pertence à essência humana, ou seja, sem técnica não tem homem. “A técnica é um modo de ser condicionado pelo modo de ser do homem na natureza que se inscreve na cultura e história de vida como correlação dessa mesma vida com o mundo” (PÁEZ, 2003, p. 72 – tradução nossa).

Mediante essa caracterização da técnica inscrita na cultura e história pertencentes à essência humana, Ortega y Gasset (1963), em seu ensaio “*Meditación de la Técnica*”, discorre sobre três estágios na evolução da técnica: a técnica do acaso, a técnica do artesão e a técnica do técnico, conforme explicitaremos suscintamente a seguir.

O primeiro estágio refere-se aos atos técnicos do homem reconhecido por Ortega y Gasset (1963) como algo natural, ou seja, no qual o homem não tem conhecimento de sua capacidade de intervenção em seu meio para inventar, revelando-se como técnicas relativamente simples e escassas (CUPANI, 2013). Podemos dizer que os períodos da pré-história, principalmente do paleolítico, estão relacionados com a técnica do acaso de forma que todos os membros da comunidade a dominavam e a invenção de ferramentas acontecia por acaso, num sentido de descoberta, como se fosse uma dimensão a mais da natureza, sem a necessidade de um conhecimento prévio, de um pressuposto problema que carecia de uma solução prática. “No manejo constante e não deliberado das coisas circundantes se produz de pronto, por puro acaso, uma situação que dá um resultado novo e útil” (ORTEGA Y GASSET, 1965, p. 74 *apud* CUPANI, 2013, p. 35).

A técnica do artesão refere-se aos atos que não são mais coletivos, ou seja, não podem ser efetuados por todos, mas realizados somente por uma determinada classe: os artesãos. “Assim, aparecem comunidades que tomam para si a incumbência de transmitir, de geração a geração, o saber fazer da técnica artesanal”. Quando “isso se desenvolve a um estágio avançado, aparecem a ‘*techné*’ grega, as ‘*ars*’” romanas e a técnica medieval” (VARGAS, 1994, p. 19). Nesse período, o repertório de atos técnicos do homem aumenta significativamente de forma que ele os reconhece como tal e sabe que eles existem e estão a sua disposição, inclusive associados a uma habilidade incumbida somente a alguns homens e não mais geral e natural a todos eles (CUPANI, 2013). Podemos citar alguns exemplos desse período como algumas obras de Leonardo da Vinci no *Codex Atlanticus*, no qual muitas páginas são dedicadas a moinhos d’água, diversos aparelhos hidráulicos, guinchos,

escavadeira, roscas de Arquimedes, bombas d'água e outros, conforme ilustram as “Figuras 3 e 4” (DURO, *et. al*, 2007, p. 2).

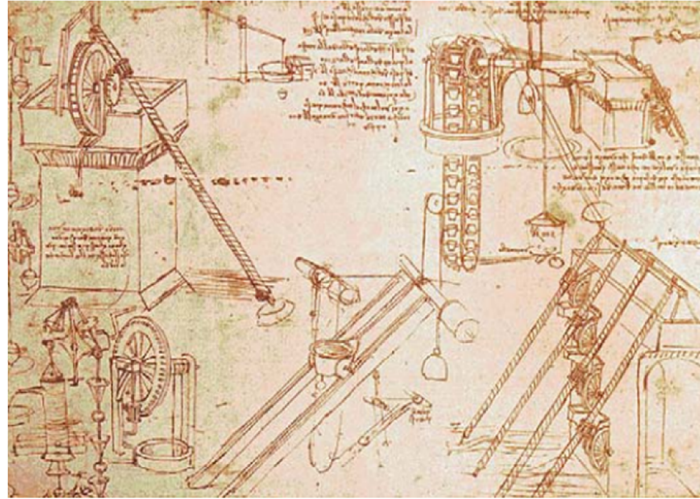


Figura 3 - Roda d'Água com Taças – 1503, esboço do *Codex Atlanticus*

Fonte: Doeser, 1995, *apud* Duro, *et al.* (2007)

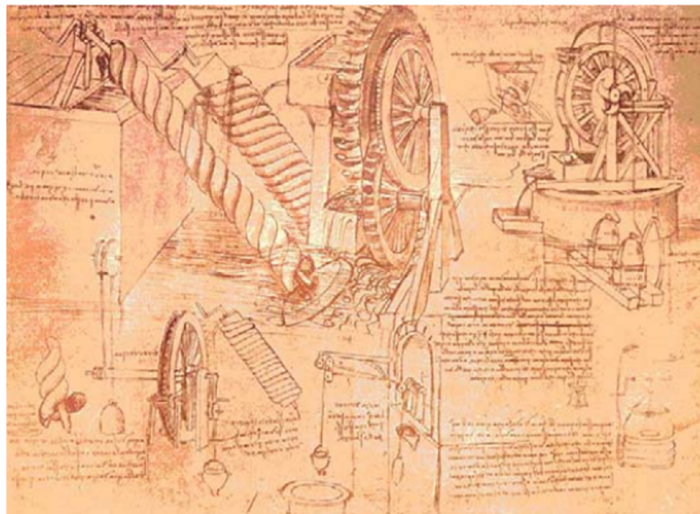


Figura 4 - Projeto para Roscas de Arquimedes e Bombas d'Água – 1503 – esboço do *Codex Atlanticus* Fonte: Doeser, 1995 *apud* Duro, *et al.*, (2007).

A terceira etapa refere-se à “técnica do técnico”, que corresponde ao século XX⁴ e ao desenvolvimento da Engenharia moderna. Neste período, o homem reconhece que seu ato técnico relaciona-se a algo genérico, não natural e com peculiaridade sua, inclusive com uma consciência de que pode inventar de forma sistemática e generalizável (CUPANI, 2013). “Para explicar essa nova atitude, Ortega Y Gasset se detém no *tecnicismo*, que consiste no

⁴ “Ortega Y Gasset não faz referência ao começo dessa etapa, embora fique claro da sua exposição que se trata da técnica resultante do desenvolvimento científico, por conseguinte a técnica incubada durante a idade moderna e desenvolvida desde o século XIX” (CUPANI, 2013, p. 37).

método intelectual que opera na criação da técnica” (CUPANI, 2013, p. 37), relacionando-se, no nosso entender, com a gênese da tecnologia.

Mas de onde vem esse novo “método intelectual” que opera na criação desta técnica? Estamos diante de uma questão complexa, mas que merece um direcionamento. A criação técnica do homem nesta etapa experimentou uma radical transformação em virtude do processo de construção de teorias no campo da Ciência. Nesse sentido, cria-se uma “técnica de elaborar técnicas” (por isso o nome técnica do técnico) fundamentalmente imbricada no método e no conhecimento científico. Dessa forma, segundo Cupani (2013), esta etapa corresponde ao império das máquinas de forma que o operário e o técnico se separam, e o técnico vira o engenheiro.

Essa é – comenta Ortega Y Gasset – a “união de raiz” do novo tecnicismo e a ciência, o que dá à técnica moderna independência e plena confiança em si mesma. Isso não significa que a técnica seja mais firme ou garantida: ao fundamentar-se na ciência, ela tem mais pressuposições e condições que as que tinham as técnicas mais antigas (CUPANI, 2013, p. 39).

Neste momento incorremos numa conceituação delicada. Valendo-se dos termos da teoria orteguiana, parece intuitiva a premissa de que a associação da *técnica do artesão* com a *ciência* resultou no desenvolvimento do estágio da *técnica do técnico* de forma que o artesão passa a ser um engenheiro, pois aplica conhecimentos científicos na criação de uma nova técnica que tem como resultado a tecnologia. No entanto, queremos apresentar algumas visões que transcendem esta concepção que, a nosso ver, aborda a natureza da tecnologia de forma limitada e que, de certa forma, não considera os processos e contextos sócio-político-econômicos imbricados em sua produção.

1.2 TECNOLOGIA E CIÊNCIA

Nosso objetivo não é fazer uma revisão bibliográfica de autores que não definem ou classificam a tecnologia apenas como ciência aplicada, mas de apresentar parâmetros que nos permitem ter uma visão mais abrangente e complexa da forma de se conceber a tecnologia. Cupani (2013), abordando algumas definições de tecnologia, demonstra que apesar da

diversidade e disparidade entre elas, certos autores⁵ concordam que a tecnologia não se reduz à ciência aplicada.

No que se refere à diversidade de correntes teóricas que abordam a tecnologia como um problema filosófico, Mitcham (1994) *apud* Cupani (2013) diferencia duas “tradições históricas”: a praticada por “engenheiros” e a dos “humanistas”. A primeira corresponde ao esforço de tecnólogos (engenheiros, cientistas e inventores) de elaborar uma “filosofia tecnológica” tipicamente otimista quanto ao papel da tecnologia na vida humana, e a segunda, representaria o modo como pensadores situados fora do universo científico-tecnológico (filósofos, sociólogos e historiadores) percebem a tecnologia.

Nesse sentido, para os propósitos deste trabalho, apresentaremos a visão de Mário Bunge, que, para Cupani (2013), aborda a Filosofia da Tecnologia numa abordagem mais analítica e sistemática, inclusive desenvolvendo questões pertinentes aos pressupostos epistemológicos da tecnologia ao concebê-la como uma forma de conhecimento. É justamente por esse motivo que vamos discorrer sobre alguns conceitos da teoria bungeana buscando possíveis implicações para se compreender a gênese da Engenharia.

Na classificação de Mitcham (1994) *apud* Cupani (2013), Mario Bunge situa-se na tradição praticada por “engenheiros”. Dessa forma, vamos apresentar, ainda que sucintamente, a visão dos autores Don Ihde e Albert Borgmann, que abordam a Filosofia da Tecnologia em uma perspectiva fenomenológica, cujas obras são situadas na tradição dos “humanistas” por Mitcham (1994) *apud* Cupani (2013).

1.2.1 A Visão de Mário Bunge

Para Cupani (2013), Mário Bunge é reconhecido como um dos fundadores da disciplina “Filosofia da Tecnologia”, pois apontou problemas filosóficos inerentes ao fenômeno da tecnologia abordando-a em seu caráter epistemológico, em um enfoque de caráter mais analítico⁶. Dessa forma, diante da vasta produção de Mário Bunge, sobretudo no campo da Filosofia e Epistemologia, não pretendemos adentrar profundamente em sua teoria,

⁵ De modo específico, Cupani (2013) apresenta os seguintes autores: Mitcham (1994), Skolimowski (1983), Ferré (1995), Pitt (2000), Heidegger (1997), Bunge, (1985), Borgman (1984), Ellul (1964), Feenberg (2012), Páez (2003). Inclusive, não é nosso objetivo explanar a visão de cada um desses autores, mas chamar atenção para as diferentes visões sobre a relação entre técnica e tecnologia, neste caso apresentadas por Cupani (2013).

⁶ No entanto, Bunge não é considerado “um filósofo ‘analítico’ em sentido próprio do termo, mas a sua classificação aqui [perspectiva analítica] corresponde ao fato de que a análise conceitual tem um papel preponderante na sua filosofia” (CUPANI, 2004, p. 494).

mas direcionar pontos que nos permitem melhor compreender a tecnologia como um fenômeno complexo, focalizando, principalmente, sua relação com a ciência por meio de uma investigação dos pressupostos epistemológicos da tecnologia com possíveis implicações da natureza dessa relação para a gênese da Engenharia.

Segundo Cupani (2013), Bunge define a tecnologia como “o campo de conhecimento⁷ relativo ao desenho de artefatos e à planificação de sua realização, operação, ajustamento, manutenção e monitoramento, à luz de conhecimento científico” (BUNGE, 1985, p.231 *apud* CUPANI, 2013, p. 97). Bunge descreve também que uma forma mais produtiva de se definir a tecnologia é caracterizando seus fins e seus meios, definindo-a, então, do seguinte modo: “um corpo de conhecimento é uma tecnologia se e somente se: (i) é compatível com a ciência contemporânea e controlável pelo método científico e (ii) é empregado para controlar, transformar ou criar coisas ou processos, naturais ou sociais” (BUNGE, 1980, p. 186).

Vale ressaltar que para Bunge, tanto a técnica quanto a tecnologia possuem uma característica de ser uma atividade que visa à “*produção de algo artificial*,”⁸ de um ‘arte-fato’ (no sentido etimológico de uma coisa feita mediante *arte*”). No entanto, um artefato, como produto da técnica ou da tecnologia, não se limita apenas a um sistema concreto (como uma mesa, um avião ou medicamento).

Pode tratar-se também da modificação do estado de um sistema natural, ou seja, de um *estado artificial* de um sistema natural. (...) Observa-se que ‘artefato’ pode ser algo social, como no caso organizar uma equipe esportiva; que se pode tratar do resultado de um serviço (por exemplo, pacientes cuidados) e, finalmente, que pode consistir em algo julgado como negativo (como as armas atômicas) (CUPANI, 2013, p. 94).

É justamente esta definição ampliada de tecnologia, associada anteriormente à criação de artefatos, que revela a dimensão humana inerente à mesma, pois, no processo de modificação de um sistema natural ou social, a técnica ou a tecnologia assumem uma conotação abstrata que vai além do produto resultante na forma de objetos concretos. Por exemplo, parece trivial considerar um celular como objeto tecnológico. Mas, e os processos que este aparelho ocasiona, não seriam também “tecnológicos”? Vemos que este aparelho modifica o estado de um sistema natural, não exigindo a presença física de duas pessoas para haver a comunicação. Podemos dizer que essa mudança institui uma “realidade tecnológica”

⁷ Bunge define um “campo de conhecimento” como “um setor da atividade humana dirigido a obter, difundir ou utilizar conhecimento de alguma classe, seja verdadeiro ou falso” (BUNGE, 1985, p. 24 *apud* LENZI, 2013, p. 27 – tradução do autor).

⁸ Algo artificial para Bunge é “toda coisa, estado ou processo controlado ou feito deliberadamente com o auxílio de algum conhecimento aprendido, e utilizável por outros [seres humanos]” (BUNGE, 1985, p. 33-34 *apud* CUPANI, 2013, p. 96).

estritamente associada à dimensão humana que a cria. Nessa mesma direção, podemos citar outros exemplos que podem ser considerados característicos de nossa realidade tecnológica, como a internet, os *tablets*, *smartphones*, automóveis, aviões etc.

Associadas à produção de um artefato, até então, técnica e tecnologia parecem limitar-se a uma classificação comum caracterizando-as para a existência de uma *planificação*, embora seja mínima (CUPANI, 2013). No entanto, em sua terminologia básica, Bunge faz uma distinção entre técnica e tecnologia: “a técnica serve-se do saber vulgar, eventualmente impregnado de saber científico que não é reconhecido como tal. A tecnologia recorre explicitamente ao saber científico” (CUPANI, 2013, p. 96).

Retomando a teoria orteguiana, observa-se que há uma semelhança na definição do estágio da “técnica dos técnicos” com a distinção entre técnica e tecnologia feita Mário Bunge, pois ambas as teorias concebem o conhecimento científico como fator constitutivo da tecnologia que a diferencia da técnica, ou seja, caso o conhecimento científico não se desenvolvesse e se estabelecesse, poderíamos deduzir que não haveria tecnologia. Mas é justamente esta dedução que pode fazer com que se perca de vista a complexidade inerente às relações ente ciência e tecnologia, como se esta última fosse apenas uma técnica acrescida de conhecimento científico. A primeira constatação, principalmente quanto à demarcação entre os campos pertinentes à tecnologia e à ciência, refere-se à menção de que esta última situa-se no campo do saber. Mas, e a tecnologia, situa-se no campo do saber ou da prática? Uma resposta imediata e simplista poderia dizer que seria no campo da prática.

Para Cupani (2013), Bunge entende que a tecnologia situa-se nos dois campos. Inclusive, além da ampla definição associada à tecnologia assinalada anteriormente, o fato que julgamos pertinente é considerá-la como um “campo de conhecimento” em detrimento de uma definição limitada a objetos concretos como produtos da técnica ou da tecnologia decorrente da aplicação da Ciência. Entendemos que pode ser este o motivo para um aparente desinteresse em abordar a tecnologia como objeto de estudo filosófico, sobretudo epistemológico, que diz respeito ao processo de construção do saber produzido e implicado pela tecnologia.

Segundo Cupani (2013), o fato de Bunge caracterizar e conceber a tecnologia como um “campo de conhecimento” estando esta pautada no saber e método científico, se deve ao motivo pelo qual

não existe tecnologia aonde o homem se limita a aplicar um saber-fazer ou a servir-se de artefatos sem se perguntar pela sua base teórica nem procurar o seu aperfeiçoamento. Em todo caso, essa é a conduta do mero técnico contemporâneo, e

não do tecnólogo, cuja atividade é sempre em alguma medida teórica e criativa (CUPANI, 2013, p. 95-96).

Entendemos que a classificação de tecnólogo e técnico da teoria bungeana já denota o perfil de atuação de agentes responsáveis na atividade implicada pela tecnologia, ou seja, essa classificação situa, agora, uma atividade tecnológica no plano de uma atribuição pelo “fazer tecnologia”, denotando o perfil de agentes relacionados com a sua construção. Queremos ressaltar que essa definição será retomada ainda neste capítulo porque vem ao encontro dos propósitos deste trabalho no âmbito de se compreender os perfis de agentes relacionados com o “fazer tecnologia”.

Segundo Lenzi (2013), Bunge não estabelece uma distinção radical entre o tecnólogo e o técnico, pois, embora a conduta do tecnólogo seja sempre, ou em grande parte, teórica, considera-se que há também elementos técnicos em sua ação, isto é, a tecnologia dificilmente se encontra em um “estado puro” ou “neutro”, sem elementos criativos, estéticos, ideológicos ou filosóficos, como afirma: “A tecnologia está enraizada em outros modos de conhecer. Não é um produto final, ao contrário, está metamorfoseada na prática técnica e na perícia do médico, professor, administrador, financista ou especialista militar” (BUNGE, 1980, p. 188).

Mesmo que a ação tecnológica não seja pura, a presença de fundamentação teórica é elemento irreduzível entre o campo técnico e o tecnológico, que ao lado da ciência, é classificado por Bunge como um campo de conhecimento em constante transformação e aperfeiçoamento, em contraposição às técnicas tradicionais estáticas e à postura acrítica do técnico (LENZI, 2013, p. 27).

Para uma melhor compreensão do perfil de atuação de agentes responsáveis na atividade que a tecnologia implica, vamos situá-la em plano maior de conhecimentos, ou seja, em um contexto onde revela que a atividade tecnológica não nasce isolada, mas em estreita relação com outros campos de conhecimento.

Para Bunge, o conjunto, bastante diverso, dos campos de conhecimento humano pode ser dividido em duas classes: *campos de investigação* e *campos de crenças*. “A diferença de ambos refere-se à constante mudança nos resultados dos campos de investigação, em contraposição aos dogmas e suposições inflexíveis dos campos das crenças” (LENZI, 2013, p. 27).

Dentro do campo de “crenças”, incluem-se todas as *religiões, ideologias políticas e totais, pseudociência e pseudotecnologias*⁹. Por sua vez, no campo de “investigação”

⁹ Para aprofundar-se na classificação do campo de conhecimento referente ao *campo de crenças*, consultar Lenzi (2013).

incluem-se as áreas das: *ciências formais* (matemática, semântica e lógica), *ciências básicas* ou puras (física, química, biologia, psicologia, economia, etc), *ciências aplicadas* (farmacologia, ciência dos materiais, matemática e física aplicada), *tecnologias* (físicas, biológicas, sociais e gerais) e *humanidades* (LENZI, 2013).

Para os propósitos deste trabalho, vamos nos ater ao campo de “investigação”, principalmente referente às áreas das *ciências básicas*, *ciências aplicadas* e *tecnologias*, pois entendemos que o campo das *ciências formais* refere-se a um campo implícito e elementar pelo qual o campo da investigação se pauta.

De início, antes de mencionar qualquer uma das três áreas citadas anteriormente, é importante ressaltar que Bunge faz uma distinção entre tecnologia e ciência aplicada, de forma que a tecnologia não se reduz à mera utilização e aplicação do conhecimento científico, implicando, ao invés disso, numa busca por um conhecimento novo. Bunge afirma que:

Em qualquer processo tecnológico de alto nível, como o observado numa refinaria de petróleo, num hospital moderno ou num exército moderno, tanto os pesquisadores tecnológicos (nem tanto assim os técnicos) como os administradores ou dirigentes, utilizam numerosas ferramentas conceituais tais como a química orgânica, o eletromagnetismo, a teoria das filas de espera, e a teoria das decisões. No caso de serem inovadores ou criativos, os pesquisadores e os que decidem ensaiarão ou até inventarão novas teorias ou novos procedimentos. Em suma, a tecnologia não está separada da teoria nem é mera aplicação da ciência pura: ela tem um componente criativo particularmente manifesto na pesquisa tecnológica e na planificação de políticas tecnológicas (BUNGE, 1980, p. 191).

A *ciência básica* deseja obter o saber pelo seu valor intrínseco, ou seja, o único interesse em pauta está no plano teórico-cognitivo. A *tecnologia* visa à solução de problemas práticos com o auxílio da ciência e da matemática, como por exemplo, a criação ou aperfeiçoamento de novos objetos ou processos ou o desenvolvimento e melhoria de máquinas. A *ciência aplicada* representa essa zona intermediária entre as duas primeiras, zona esta que (como na ciência básica) tem por objetivo o conhecimento, mas ao mesmo tempo (tal como na tecnologia), o conhecimento é procurado pelas suas projeções práticas, ou seja, que visa um saber que seja útil, como por exemplo, pesquisa sobre novos materiais que sejam recicláveis e poluam menos, ou conhecer a patologia para desenvolver um medicamento (CUPANI, 2013).

Como exemplo, podemos conceber a *ciência pura* como a Física Nuclear, a *ciência aplicada* como a espectroscopia de Raios Gama e a *tecnologia* relacionada com a projeção e aperfeiçoamento de um tipo de acelerador de partículas ou reator nuclear. Cupani (2013) exemplifica também a astronomia como ciência pura, a ótica dos telescópios como ciência

aplicada e a tecnologia como a projeção de um novo tipo de telescópio; ou então, a sociologia como ciência pura, a sociologia do desenvolvimento como ciência aplicada e a planificação do desenvolvimento como tecnologia.

Embora seja difícil, na prática, separarmos ciência pura, aplicada e tecnologia, não significa dizer que essas áreas possuam naturezas semelhantes e que não possam existir de forma separada. Buscar um saber científico por sua utilidade, nesse caso associado à ciência aplicada, é diferente do trabalho tecnológico de buscar resultados práticos eficientes com o auxílio da ciência (LENZI, 2013). Embora Bunge reconheça que os limites entre essas áreas sejam estreitos e que tendencialmente vêm se apagando, não é possível eliminar suas diferenças básicas, pois “formam um complexo sistema constituído de componentes interatuantes e em estreita interação com outros dois subsistemas da sociedade: a economia e a política” (BUNGE, 1980, p. 207).

Embora deva-se manter uma clara consciência das diferenças entre ciência básica, tecnologia e ciência aplicada, também é necessário ressaltar suas semelhanças. Para essas três áreas “vale a descrição geral de um *campo de pesquisa*. Trata-se de comunidades de pesquisadores cuja atividade refere-se a objetos reais, com o acervo de conhecimentos próprios e recursos cognitivos que provêm de outros campos com os quais interagem” (CUPANI, 2013, p. 101). Inclusive, nessas três áreas também se reconhece manifestações diversas da confiança na racionalidade e na objetividade, características essas inerentes ao método científico entendido como estratégia geral de pesquisa (CUPANI, 2013).

Ainda que as fronteiras entre pesquisa pura e aplicada estejam, de certa forma, se apagando, analisando-se a formação profissional de nível superior, especificamente a graduação, qual profissional melhor poderia ser classificado como um “tecnólogo”, conforme definido por Bunge? Pode ser que uma das profissões institucionalizadas, que envolve o desenvolvimento e aplicação de conhecimentos técnicos, matemáticos e científicos na solução de problemas práticos por meio da criação de artefatos tecnológicos, relacione-se com a Engenharia, discussão esta que retomaremos no final deste capítulo.

Ainda que a teoria bungeana, no âmbito de uma análise e reflexão sobre a tecnologia, seja demasiadamente ampla e sistêmica, sobretudo nos dando direcionamentos pertinentes para a compreensão da epistemologia da tecnologia, esta teoria encontra uma limitação quanto à compreensão da relação homem-tecnologia-mundo.

Como Mário Bunge se autodeclara iluminista, no sentido de manter uma posição otimista quanto à relação do homem com a tecnologia, pois, “a atitude tecnológica encerra para ele a promessa de solução para os mais diversos problemas da existência humana”

(CUPANI, 2013, p. 118), seu otimismo pode ser alvo de questionamentos, sobretudo quanto à dimensão cultural criada ou condicionada pela tecnologia suscitando questões éticas, axiológicas e existenciais, principalmente quando se compara culturas científicas e não científicas. Inclusive, alguns questionamentos podem se direcionar para as relações de poder imbricadas na relação do homem com a tecnologia, relação esta também envolta por um contexto político-econômico.

Nesse sentido, julgamos pertinente apresentar outras formas de se conceber a tecnologia, principalmente visões que evidenciam a relação tecnologia-homem-mundo, como é o caso da abordagem fenomenológica da Filosofia da Tecnologia, que explicitaremos a seguir.

1.2.2 Filosofia da Tecnologia na perspectiva fenomenológica

A fenomenologia surgiu no início do século XX, na Alemanha, proposta por Edmundo Husserl e constitui-se como uma das correntes intelectuais europeias mais influentes sobre a filosofia norte-americana. Procurando compreender a amplitude das discussões pertinentes à Filosofia da Tecnologia, vamos apresentar como alguns autores a abordam desde uma perspectiva fenomenológica. Nesse sentido, apresentaremos alguns conceitos das teorias de Don Ihde e Albert Borgmann.

O termo fenomenologia significa estudo dos fenômenos, daquilo que aparece à consciência, daquilo que é dado, buscando explorá-lo. Essa corrente filosófica identifica-se por assegurar o sentido dado aos fenômenos concebendo-os como experienciados conscientemente sem teorias sobre sua explicação causal e tão livre de pressupostos e preconceitos. Nessa direção, o fenômeno é visto contextualizadamente, uma vez que os dados sensoriais não têm sentido em si mesmos, mas sim quando se desvela a cotidianidade do mundo do ser onde a experiência se passa, transparecendo, inclusive, na descrição de suas vivências no sentido de uma “experiência viva”, do Ser-no-mundo, combinando-se com memórias e percepções dinamicamente, nunca de forma estática (DINIZ; LOPES; SILVA, 2006).

Procurando uma relação da Filosofia da tecnologia Tecnologia com a Fenomenologia, Ihde (2004) indica que Husserl desenvolve em sua obra *A crise na filosofia europeia e na fenomenologia transcendental* (1936) uma noção de mundo-da-vida que dá indícios dos possíveis papéis da tecnologia no âmbito de uma crítica sobre como as ciências,

principalmente relacionadas à matematização e idealização, “tinham ‘esquecido’ o ser corporal perceptivo dos humanos em um mundo-da-vida histórico-cultural” (IHDE, 2004, p. 20). Ao analisar essa crise, Husserl faz dois movimentos que antecipam, ainda que vagamente, um possível papel para a Filosofia da Tecnologia: o reconhecimento de uma tecnologia que levou a humanidade a um nível diferente do mundo-da-vida e a sustentação de que a geometria surgiu da *práxis*, uma atividade dentro da cultura material, movimento este feito em “A origem da geometria” por Husserl (IHDE, 2004).

O fato de Husserl ter considerado a geometria como originada da *práxis*, devido à “semelhança” da geometria com a ciência, no sentido de envolver uma abstração e matematização, poderia também ter situado a ciência prática em um mundo-da-vida no âmbito de uma cultura material. Galileu, por exemplo, utilizando-se de instrumentos materiais, como o telescópio ou o pêndulo, foi quem deu o primeiro passo na busca por “matematizar” os fenômenos contrapondo-os em uma explicação situada num universo teórico com um universo sensível, situado em uma cultura material. Inclusive, foi justamente o reconhecimento dessa “semelhança” com a abstração envolvida na matemática que fez com que Galileu utilizasse um método de análise mecânico-matemático para desenvolver um novo procedimento de análise dos fenômenos (TARNAS, 2001). Assim, conforme Tarnas (2001), Galileu argumentava que os julgamentos exatos sobre a natureza deveriam levar em conta somente as qualidades “objetivas” e mensuráveis com precisão, como por exemplo, tamanho, forma, número e movimento, qualidades estas também situadas no mundo-da-vida, conforme denomina Husserl.

Segundo Ihde (2004), caso Husserl tivesse relacionado sua noção prática de mundo-da-vida com a prática telescópica iniciada por Galilei, “o teria situado em um patamar responsável pela elevação do nível de percepção da espécie humana através de uma tecnologia” (IHDE, 2004, p.20).

De acordo com Cupani (2013), Ihde busca trazer uma descrição de como os aparelhos e instrumentos que o homem constrói para transformar a realidade modificam o seu contato com ela e a experiência sobre si mesmo. Nesse sentido, a fenomenologia não trata a tecnologia como um objeto ante o sujeito humano, pois sua premissa é a do ser humano no mundo de forma que a relação homem-tecnologia constitui-se como uma premissa primitiva na teoria fenomenológica. Mas, por que abordar a Filosofia da Tecnologia com um enfoque fenomenológico?

Segundo Cupani (2013), o enfoque fenomenológico, na visão de Ihde, evita que a tecnologia seja concebida como uma entidade autônoma e neutra de forma a preservar o

caráter ativo e dinâmico da tecnologia em três aspectos principais: “ser as tecnologias sempre relativas ao ser humano; adotar, por conseguinte, valores ou significados variados, e fazer parte de ações” (CUPANI, 2013, p. 118).

Vemos que essa abordagem não se restringe a questões objetivas e neutras na forma de se conceber a tecnologia, principalmente seu significado quando situada na experiência humana no âmbito de modificar não apenas a natureza para seu benefício, mas também a experiência que o homem tem de si mesmo. Nesse sentido, tal abordagem também toca em questões socioculturais pertinentes à tecnologia no sentido de significar a experiência humana mediante os instrumentos e artefatos tecnológicos com suas decorrentes implicações para esta experiência.

Para Ihde (2004) nosso constante uso de tecnologias constitui uma relação de “encarnação” ou “incorporação”, pois, quando utilizarmos um dispositivo tecnológico, colocamos tais tecnologias dentro de nossas experiências de forma que nem sempre podem mais ser percebidas com tal. Segundo Cupani (2013), Ihde cita o uso contínuo de elementos artificiais que são incorporados a nós, como por exemplo: a coroa dentária, implante, articulação metálica que substitui um osso danificado e a modificação genética.

Nessa direção, Albert Borgmann concebe a tecnologia como um modo de vida próprio da Modernidade, ou seja, um modo tipicamente moderno de o homem lidar com o mundo constituindo-se como “um ‘paradigma’ ou ‘padrão’ característico e limitador da existência intrínseco à vida cotidiana” (CUPANI, 2013, p. 140), tão intrínseco que passa despercebido.

Vemos que o termo “paradigma” possui um significado essencial na teoria de Thomas Kuhn (1990), pois afirma que uma teoria científica se insere em um paradigma e é sustentada por ele. Inclusive, as trocas de paradigmas são ocasionadas pelas crises de teorias, o que provoca as revoluções científicas. No âmbito do desenvolvimento científico e tecnológico atual, seria possível relacionar a concepção de paradigma científico com um paradigma tecnológico? Um direcionamento para tal indagação indica que, numa abordagem fenomenológica, a ciência e a tecnologia nos afetam de modos distintos, pois, por mais que a tecnologia e a ciência se relacionem, situam-se em planos distintos. Dessa forma, falar de um paradigma tecnológico que se tornou característico da existência humana situa-se em um plano diferenciado do paradigma científico entendido também como característico da existência humana. Uma das características que podem diferenciar o paradigma tecnológico do científico são questões éticas e valorativas imbricadas na existência humana que a tecnologia suscita por estar situada na experiência do mundo-da-vida, associada a um contexto político-econômico.

Albert Borgmann, por exemplo, sustenta que o surgimento e o poder deste padrão (paradigma tecnológico), constituem “o evento de maiores consequências do período moderno” (CUPANI, 2013, p. 140). A tecnologia tem sua chave na existência dos dispositivos, que nos oferecem objetos de consumo. Os dispositivos, por sua vez, opõem à noção de coisa e prática “focais”, de forma que se constituem paradigmas de duas formas distintas de vida humana.

Cupani (2013) salienta que, para Borgmann, os dispositivos constituem-se basicamente por reduzir todo e qualquer problema a uma questão de relação entre meios e fins válidos universalmente e desprovidos de um contexto concreto (social, cultural, ecológico) em sua utilização, que, alimentada pela propaganda, faz um apelo constante e sistemático para seu uso criando não a cultura de consumidores, mas regulando-a e pondo-a em relevo. Assim, o consumo universal de produtos é a realização da promessa da tecnologia cuja vida dentro deste paradigma torna-se sem rumo e impositiva.

Segundo Borgmann *apud* Cupani (2013), um exemplo refere-se à substituição da lareira tradicional pelo aquecedor moderno. Na lareira tradicional cria-se uma trama de relações entre os membros da família para sua utilização, como o trabalho para acendê-la, bem como para mantê-la acesa incentivando a reunião da família e o cultivo de costumes, ainda que sua finalidade seja aquecer. Já o aquecedor moderno tem como fim último nada mais do que aquecer, independentemente das circunstâncias e contextos.

Diferentemente dos dispositivos, as coisas e práticas “focais” referem-se às coisas que podem “focar” ou centrar nossa existência, pois não são meros meios para determinados fins, senão fins em si mesmos. São exemplos de práticas “focais” que dirigem nossa atenção para coisas: o caminhar em contato com a natureza, comer em família ou pescar por esporte, pois nos levam a um comprometimento e nos remetem a um contexto social, cultural e ecológico. São coisas profundas cujos traços, na sua maioria das vezes, revelam-se significativos (CUPANI, 2013).

Vemos como a abordagem fenomenológica da Filosofia da Tecnologia evidencia a relação tecnologia-homem-mundo. Nesse sentido, entendemos que, diante da pluralidade de correntes teóricas voltadas ao modo de se pensar a Filosofia da Tecnologia, julgamos que esta perspectiva melhor assina a “presença” da tecnologia no âmbito de modificar nossas experiências, no sentido de criar um “paradigma tecnológico” no qual incorporamos a tecnologia em nosso ser-no-mundo. Inclusive, questões relativas ao entendimento deste “paradigma tecnológico” merecem atenção, sobretudo quando comparado com o sentido de paradigma científico proposto por Thomas Kuhn.

1.3 TECNOLOGIA, TÉCNICA E ENGENHARIA

Segundo Oliveira (2005), o desenvolvimento da Engenharia está intrinsecamente relacionado com os avanços da ciência, técnica e tecnologia, principalmente quando a tecnologia vai se tornando mais complexa em termos de necessidade de conhecimentos de base matemática, física, química, entre outros. Dessa forma, solucionar problemas e projetar soluções torna-se objeto de estudo e aplicação do campo da Engenharia.

Com o intuito de direcionar um breve olhar para a história do desenvolvimento da Engenharia, não querendo perfazer toda sua história, mas invocar somente alguns marcos pelos quais ela foi se estruturando, Bazzo e Pereira (2006) assinalam que a Engenharia sempre esteve presente em praticamente todos os momentos da história da humanidade, que “caminha ao sabor da cultura, dos contextos históricos e sociais” (BAZZO; PEREIRA, 2006, p. 65). Desde os primórdios, o ser humano criava instrumentos dando forma a objetos naturais para empregá-los em determinados fins, como por exemplo, para a fabricação de ferramentas e utensílios domésticos a fim de garantir sua sobrevivência. Também aliado à técnica, o homem começa a dedicar-se a novas descobertas, sobretudo relacionadas às necessidades advindas de seu contexto cultural com destaque para o controle do fogo, a domesticação de animais, a invenção da agricultura e utilização dos metais.

Nesse contexto, dos “primeiros artesãos da pré-história, que cravaram a pedra fundamental da engenharia” (BAZZO; PEREIRA, 2006, p. 182) muita coisa mudou no processo de desenvolvimento do conhecimento científico. Durante essa evolução, surge a figura do engenheiro, que passa de um especialista solucionador de problemas técnicos, sem fundamentos teóricos, para um profissional que alia conhecimentos científicos à técnica, bem como sua aplicação a problemas práticos. Na realidade, o aparecimento formal do engenheiro como profissional resultou de “todo um processo de evolução ocorrido durante milhares de anos” (BAZZO; PEREIRA, 2006, p. 69) quando situamos e entendemos a Engenharia não somente como uma profissão institucionalizada, mas essencialmente como uma forma do homem intervir na natureza visando sua sobrevivência.

Bazzo e Pereira (2006) destacam que no século XVIII se chegou a um conjunto sistemático e ordenado de leis científicas. Estava, assim, lançada definitivamente a semente da Engenharia como a concebemos atualmente. Pode-se dizer que essa sistematização estabeleceu um “marco divisório entre duas engenharias: a engenharia do passado e engenharia moderna” (BAZZO; PEREIRA, 2006, p. 183). A engenharia do passado pode ser caracterizada pelos grandes esforços do homem no sentido de criar artefatos que

aproveitassem os recursos naturais, como por exemplo, estradas, pontes, canais, fortificações etc. A criação de tais artefatos pautava-se, principalmente, pela técnica e pelo conhecimento empírico, conhecimento este fundamentado na prática e transmitido de geração em geração. A engenharia moderna está estritamente relacionada com a engenharia do passado sendo caracterizada, principalmente, pela forte aplicação de conhecimentos científicos na resolução de problemas da mesma espécie dos abordados pela engenharia do passado, mas com um importante diferencial: não é mais baseada somente na técnica, mas em um projeto teórico pautado por conceitos científicos, em teorias formalmente estudadas e em experiências metodologicamente controladas que passam a fazer parte da prática dessa nova engenharia.

Entendemos que a gênese do desenvolvimento da “nova engenharia”, denominada por Bazzo e Pereira (2006), relaciona-se com a menção de Cupani (2013) sobre o fato de que a conversão dos meios tradicionais às formas modernas de produção tecnológica se daria na metade do século XIX, quando a “compreensão teórica das estruturas, a constituição e os processos dos mundos natural e social começou a ser aplicada, sistematicamente, à produção massiva de artefatos” (CUPANI, 2013, p. 14). Dessa forma, também retomamos Bunge, quando menciona que ciência pura, ciência aplicada e tecnologia possuem sistemas interatuantes em estreita relação com dois subsistemas da sociedade: economia e política. Assim, podemos apontar a Revolução Industrial e a economia capitalista como fortes fatores históricos que impulsionaram o desenvolvimento da conversão da técnica tradicional em técnica moderna (ou tecnologia) principalmente pela Engenharia.

Neste ponto, pode-se traçar um paralelo entre a função do engenheiro da atualidade e a definição bungeana de “tecnólogo” relacionada à atitude teórica e criativa. De certa forma, entende-se que uma das funções do engenheiro está relacionada com o perfil bungeano de “tecnólogo”, pois sua atividade pressupõe uma atitude criativa valendo-se das bases teóricas de conhecimentos dos *campos de investigação*. Inclusive, entendemos que a engenharia situa-se no campo das *ciências aplicadas* e da *tecnologia* pelos motivos que explicitaremos a seguir.

Primeiro, porque o campo das ciências aplicadas envolve a intersecção da ciência pura com a tecnologia como se fosse o “viés” de comunicação entre ambas. Nesse sentido, o tecnólogo possui a capacidade de transitar por esses dois elementos visando à atitude teórica e criativa para transformar ou criar artefatos tanto concretos, na forma de objetos, como abstratos, na forma de processos ou sistemas. Não situamos a Engenharia apenas no campo da tecnologia porque, segundo Cupani (2013), quando uma teoria científica é aplicada

tecnologicamente ou é transformada em teoria tecnológica, a teoria científica é ao mesmo tempo mais rica e mais pobre que quando funciona dentro da ciência pura.

Mais rica desde um ponto de vista prático, porque em vez de limitar-se a prever o que poderá ocorrer em determinadas circunstâncias, a teoria averigua o que se deve fazer para modificar o curso dos eventos. Mas desde o ponto de vista conceitual, essas teorias são mais pobres no sentido de que são menos profundas. Geralmente o tecnólogo se contenta com “teorias de caixa preta”, vale dizer, aquelas que não penetram (ou não penetram demasiado) no funcionamento interno dos sistemas que se pretende modificar, limitando-se a levar em consideração somente as variáveis externas. Com outras palavras, dá-se um *empobrecimento conceitual* das teorias científicas no seu uso tecnológico. Em razão do seu propósito eminentemente prático, o tecnólogo esquematiza e simplifica (CUPANI, 2013, p. 98).

Dessa forma, situando a Engenharia somente no campo da tecnologia, conforme a classificação de Bunge, incorre-se no perigo de limitar a atitude do tecnólogo para a criação de artefatos a um algoritmo, ou seja, a uma sequência lógica baseada apenas em esquemas não fundamentados na natureza e no método do conhecimento científico que originou tal artefato. Isso faz com que o tecnólogo tenha apenas uma atitude técnica perante a tecnologia, que se contenta em manipular “caixas pretas”, ou seja, sem se preocupar com o funcionamento interno dos sistemas artificiais e artefatos que pretende modificar.

De forma análoga, situar a Engenharia somente do campo da ciência pura, seria despi-la de seu objetivo prático, condição esta que não é necessária à ciência básica. Além disso, segundo Lenzi (2013), “comparada às comunidades científicas, as tecnológicas apresentam-se bem mais fechadas, afirma Bunge, uma vez que as patentes e os segredos industriais e militares criam obstáculos à difusão dos avanços tecnológicos” (LENZI, 2013, p. 33). Nesse sentido, a tecnologia privilegia a *eficiência*¹⁰ e o objetivo prático e não o conhecimento “verdadeiro” como finalidade, construído por meio de hipóteses, experimentos e representado no plano teórico da ciência pura por esquemas objetivos ou leis para compreender os fenômenos.

Não obstante da distinção anterior, convém salientar que a tecnologia guarda uma estreita relação com a ciência pura por dois motivos que queremos destacar. Em primeiro lugar, a tecnologia não está desvinculada da ciência básica porque, diferentemente da mera técnica, a *pesquisa tecnológica* utiliza como meios o método e o conhecimento científico no ciclo de sua produção, que envolve: “(1) identificação do problema prático; (2) busca dos

¹⁰ A eficiência de um objeto ou processo artificial corresponde ao seu desempenho, que deve ser realizado da maneira mais econômica possível. “Ao interesse na eficiência e na economia se vinculam outras propriedades desejadas do produto técnico (e, particularmente, do tecnológico), tais como a padronização, a segurança, a confiabilidade e a rapidez” (BUNGE, 1985, p. 226 *apud* CUPANI, 2013, p. 95).

princípios (leis e regras) para a solução do problema; (3) desenho do objeto, estado ou processo que talvez resolva o problema; (4) análise de provas e revisão do desenho; (5) correção do projeto ou reforma do problema original” (LENZI, 2013, p. 38). Nessa direção, Bunge define a tecnologia 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” (BUNGE, 1985, p. 231 *apud* LENZI, 2013, p. 37).

Em segundo lugar, não há desvinculação entre tecnologia e ciência básica porque as leis construídas por esta última são fundamentais para se compreender a eficiência das regras da atividade tecnológica. Bunge entende as *regras* da atividade tecnológica como a prescrição de um curso de ações que indicam como se deve proceder para alcançar um fim desejado, nesse caso relacionado à criação de um artefato, sistema ou processo artificial.

Mesmo que a fundamentação das regras nas leis não seja garantia da sua eficiência, somente estaremos aptos a melhorá-las sistematicamente ou porventura substituí-las por outras regras mais efetivas com o conhecimento das leis subjacentes. Esta exigência de fundamentação é o que garante, como antes mencionado, a diferença da tecnologia em relação à técnica (LENZI, 2013, p. 43-44).

Quando mencionamos que a técnica não exige fundamentação das regras nas leis da ciência básica, não estamos minimizando a atividade técnica do tecnólogo, até porque inúmeros artefatos, processos artificiais ou serviços ligados à Engenharia estão vinculados à reprodução destes, como por exemplo, na Engenharia Civil, quando se constrói um edifício ou na Engenharia Mecânica, quando se constrói uma máquina. Estamos colocando em pauta que a fundamentação das regras nas leis da ciência básica, necessárias para se chegar a um resultado prático na atividade tecnológica, é essencial para que o “engenheiro tecnólogo” não trabalhe apenas na reprodução de artefatos, sistemas ou processos artificiais, mas essencialmente na produção desses. Caso o engenheiro privilegie apenas a reprodução dos artefatos, certamente sua atividade estará restrita ao campo da técnica, o que o faz ser um “engenheiro técnico”, pois entendemos que o conhecimento das leis subjacentes ao entendimento e à validação da *eficiência* das regras certamente fundamenta-se nas ciências puras. É justamente a exigência de fundamentação das regras nas leis que garante a diferença da tecnologia em relação à técnica (LENZI, 2013).

Dessa maneira, valendo-nos da definição de Bunge, a Engenharia situa-se tanto no campo das *ciências aplicadas* como no campo da *tecnologia*, no entanto, apesar de não haver uma conceituação unívoca, entendemos que é no campo das ciências aplicadas que se evidencia uma relação dinâmica entre a ciência pura – que fundamenta as regras de ação da

atividade tecnológica – e a tecnologia – que se preocupa um resultado prático no que tange à formação do engenheiro tecnólogo. Nesse sentido, quando situamos a Engenharia no campo das ciências aplicadas, estamos evidenciando uma relação dinâmica desta com os campos da ciência básica e tecnologia sem fazer associações reducionistas ou simplistas.

1.4 A ENGENHARIA E A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA

Quando definimos a Engenharia como pertencente ao campo das ciências aplicadas e situada na zona intermediária que contempla tanto a ciência básica quanto a tecnologia, de certa forma, soa muito genérico falar da ciência básica. Afinal, de que ciência estamos falando? Mencionar a ciência de um modo geral é importante, mas convém lembrar que existem diversos campos relacionados a ela.

Mediante a amplitude de teorias pertencentes à ciência, queremos destacar as teorias da Física especificamente desenvolvidas a partir do século XX, que tiveram seu marco inicial com Max Planck, no ano de 1900, e que são caracterizadas hoje como Física Moderna e Contemporânea. Essa escolha se deve, principalmente, a dois motivos. Primeiro, porque encontramos tais teorias fundamentando grande parte das tecnologias modernas atuais, ou seja, objetos tecnológicos aos quais se tem acesso hoje, como por exemplo, o funcionamento de aparelhos utilizados na medicina, como o de ressonância magnética, das diversas aplicações da radioatividade, as nanotecnologias, ou ainda, os transistores, *lasers*, semicondutores e supercondutores. Outro motivo refere-se ao fato de que esses novos conceitos inauguraram um período que modificou radicalmente a visão de mundo, juntamente com a ciência e a tecnologia (LEMES & REZENDE JUNIOR, 2011), sendo esta última entendida não apenas como objetos concretos, mas, como artefatos, conceito bungeano que vimos anteriormente.

Para os efeitos deste trabalho, vamos situar a FMC como pertencente ao campo da *ciência pura* enquanto gênese, pois, basicamente, foi desenvolvida no plano da ciência básica, que busca um conhecimento verdadeiro almejando a compreensão dos fenômenos que anteriormente não eram explicados à luz de teorias precedentes, neste caso, as da Física Clássica. Mas, queremos ressaltar que a FMC não ficou condicionada à ciência pura, pois seus desdobramentos, mediante a íntima relação da ciência básica com a ciência aplicada e a tecnologia, foram inimagináveis e inauguraram uma nova forma de se compreender o mundo.

Vamos realizar uma breve demarcação para entender o que vem a ser a FMC sem nos ater a um minucioso detalhamento histórico.

Na busca pela compreensão dos fenômenos, a Física, sem dúvida, é um dos mais claros e bem sucedidos exemplos de construção do conhecimento humano; conhecimento este que passa a fazer parte de nossa cultura e história. A associação de cultura à música, arte ou pintura é comumente feita, mas há também outros elementos que a compõem quando assumimos uma postura ampliada para sua definição, entendendo a cultura como a mais elevada forma de expressão humana na forma de conviver com o seu meio físico e social (ZANETIC, 2005).

Essa concepção ampliada de cultura permite-nos assumir que a ciência também é uma forma de expressão humana, pois nasce de uma atitude investigativa do homem ao indagar sobre o meio no qual vive procurando respostas para explicar certos fenômenos. É de se considerar que ao longo do tempo, alguns métodos para o “fazer ciência” foram construídos, como por exemplo, uma postura objetiva e universal embasada principalmente no experimentalismo. É preciso destacar que tais características não isentam a ciência de uma raiz subjetiva, ou seja, de seu caráter humano, de uma expressão que está inserida dentro de um contexto histórico, político, cultural, econômico e até mesmo religioso. Nesse sentido, a Física assume uma contribuição inegável para a construção do conhecimento humano fazendo parte do legado cultural de nossa civilização.

Estamos fazendo esta menção porque a Física não se limita a uma definição simplista, cuja evolução¹¹ de teorias e consolidação de diferentes ramos não estão precisamente demarcados ao longo da história. No entanto, para compreendermos o contexto e os pressupostos que ocasionaram o desenvolvimento da FMC, vamos nos valer de uma demarcação histórica que se atém mais às características conceituais e não à cronologia.

A Física pode ser dividida em diversas áreas, mas queremos destacar uma divisão histórica que modificou radicalmente esta ciência e que, a nosso ver, estabeleceu novas bases para a sua fundamentação e desenvolvimento. Essa divisão refere-se à Física Clássica e à FMC. Ainda que uma divisão histórica não seja precisa e consensual, pode-se estabelecer que a Física Clássica refere-se aos conhecimentos desenvolvidos até o final do século XIX, e à FMC, aos conhecimentos desenvolvidos posteriormente. Não vamos nos ater a uma sólida fundamentação e descrição histórica do que levou o desenvolvimento da FMC. Vamos citar, a

¹¹ O termo “evolução” evoca aqui o significado continuidades e discontinuidades para o desenvolvimento da ciência ao longo da história, não aludindo a uma evolução linear e cumulativa.

título de exemplo, um problema que a Física Clássica não conseguia responder à luz de suas teorias: a emissão de radiação de corpo negro.

Conforme descreve Freire Jr. (2011), a grande revolução quântica começou indiretamente por volta de 1900 quando estudiosos da época, em especial, James Jeans (1877-1946) e Lorde Rayleigh (1842-1919), buscavam uma equação matemática capaz de prever com precisão a quantidade de energia que um corpo aquecido, incandescente, poderia irradiar. Em suma, os físicos tentaram resolver o problema do chamado *corpo negro*¹². As explicações clássicas que existiam na época para o fenômeno, inclusive as desses dois físicos mencionados, davam conta de explicar o comportamento da radiação emitida apenas em uma faixa do espectro de radiação, apresentando falhas quando consideradas altas frequências (MARRANGHELO; PAVANI, 2011). Tamanha era a discrepância entre os resultados da teoria clássica e as observações experimentais, que tal falha na teoria ficou conhecida como *catástrofe do ultravioleta* (FREIRE JR, 2011).

Em 1900, o físico alemão Max Karl Ernst Ludwig Planck (1858-1947), considerado pai da MQ, apresentou o resultado de seis anos de busca por uma fórmula matemática que descrevesse corretamente a radiação de um corpo negro, problema este que estava ligado à interação entre radiação e matéria. Planck propôs que os osciladores eletrônicos, responsáveis pela emissão e absorção da radiação eletromagnética de um corpo negro, só poderiam vibrar com determinados valores de energia e não de forma contínua como se acreditava até então¹³. Ou seja, a radiação deveria ser emitida/absorvida por minúsculos pacotes ou *quanta*¹⁴ de energia (FREIRE JR, 2011).

A solução encontrada por Planck pareceu uma proposta absurda para a comunidade científica da época, gerando uma forte discordância por muitos cientistas. Até o próprio Planck ficou relutante com sua revolucionária hipótese quântica. No entanto, tal proposta levou o físico alemão a receber o Prêmio Nobel por sua “descoberta” no ano de 1918.

No ano de 1905, Albert Einstein utilizou das ideias de Planck para resolver o problema do efeito fotoelétrico¹⁵. Einstein mostrou que a quantização não era característica apenas da radiação dos corpos negros, mas também uma característica fundamental da energia luminosa (FREIRE JR, 2011). Hoje, a quantidade elementar de luz é denominada de *fóton*. A proposta

¹² Corpo negro é um meio ou substância que absorve toda a radiação incidente sobre ele, e emite toda radiação produzida em seu interior (MARRANGHELO; PAVANI, 2011).

¹³ Disponível em <http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/fisquantica.pdf>

¹⁴ Palavra de origem latina e plural do termo *quantum*, o qual significa quantidade ou porção discreta usada para caracterizar uma quantidade elementar de uma grandeza física.

¹⁵ O efeito fotoelétrico consiste na emissão de elétrons, por materiais metálicos, quando sobre eles incide um feixe de luz (FREIRE JR, 2011). Albert Einstein ganhou o prêmio Nobel de Física, no ano de 1921, graças às suas contribuições ao efeito fotoelétrico, e não pela teoria da Relatividade, como muitos acreditam.

de Planck entrava em conflito com uma das teorias mais notáveis da Física no século XIX, que estabelecia o caráter ondulatório da luz. Além disso, posteriormente “a contribuição de Einstein tornou-se ainda mais dramática, pois carregava em si um caráter dual, ou seja, ambas as possibilidades (onda ou partícula) poderiam estar presentes na luz” (FREIRE JR, 2011, p. 313), estabelecendo assim um dos maiores dilemas da época.

Vale ressaltar que a existência de uma “Física Moderna” não invalida as teorias desenvolvidas anteriormente, denominadas de Física Clássica. No entanto, estas últimas passaram a valer dentro de alguns limites: quando as massas dos corpos não são tão pequenas quanto às massas atômicas e nem tão grandes quanto as massas das galáxias, e quando as velocidades envolvidas são muito inferiores à velocidade da luz (LEONEL, 2010).

Apesar da Relatividade e da MQ marcarem o início de novos rumos para o campo da Física, também fazem parte do que chamamos hoje de Física Moderna e Contemporânea outras áreas que estão em constante desenvolvimento, como a Física Nuclear (com grande desenvolvimento a partir da Segunda Guerra Mundial, após as explosões das bombas de Hiroshima e Nagasaki), a Física de Partículas, além de estudos no campo da Astrofísica e Cosmologia.

Feita essa breve explanação, vamos retomar a classificação da teoria bungeana com a seguinte indagação: qual seria a relação da FMC com a ciência básica, ciência aplicada e tecnologia?

Como a ciência básica busca a compreensão de um fenômeno em si, a ciência aplicada visa a um saber útil e a tecnologia a um resultado prático, vamos procurar direcionamentos para a indagação anterior valendo-nos de um exemplo: os semicondutores.

Os semicondutores atualmente são utilizados em computadores, sensores, aparelhos de televisão, telefonia etc. e representam a base da indústria eletrônica. Com características elétricas peculiares – não totalmente isolantes como uma borracha ou vidro e não tão bons condutores como cobre ou ferro – os semicondutores permitem que seja alterado, com extrema precisão, o número de elétrons livres disponíveis em áreas pré-definidas do material (ALVES; SILVA, 2008).

Um tipo de processo, por exemplo, recebe o nome de junção p-n, e possui algumas aplicações como, por exemplo, os diodos. Tais dispositivos são utilizados, principalmente, para conversão de corrente alternada em corrente contínua, uma vez que a maioria dos equipamentos funciona a partir desta última. Outro tipo de diodo é o famoso LED (diodo emissor de luz), o qual também possui várias aplicações, pois são confiáveis, de reduzido

tamanho e representam grande economia de energia quando comparados às lâmpadas convencionais (ALVES; SILVA, 2008).

Não é nosso objetivo descrever minuciosamente o desenvolvimento e funcionamento de um semicondutor. Queremos destacar que foi com o desenvolvimento das teorias da FMC, em especial a MQ, que foi possível compreender o comportamento de átomos isolados, elétrons e arranjos de átomos formando moléculas, bem como a interação da radiação com a matéria por meio da natureza quântica da luz.

O desenvolvimento de tais teorias, situadas eminentemente no campo da *ciência básica*, possibilitou também a busca por um saber científico visando sua utilidade, área esta situada no campo da *ciência aplicada*, que por sua vez possibilitou a busca por um resultado prático e eficiente com o auxílio da ciência básica, campo este da *tecnologia*. Percebe-se, dessa forma, os profundos imbricamentos da FMC nas áreas destacadas para o desenvolvimento de um artefato, de um objeto tecnológico. Nesse sentido, queremos chamar atenção para a imprescindível capacidade de os agentes que constroem tais artefatos “transitarem” por essas áreas, os quais Bunge denomina de tecnólogos.

Analisando uma profissão que é institucionalizada academicamente para produção de artefatos, encontramos o engenheiro. Queremos, com isso, assinalar que, segundo a teoria bungeana, do ponto de vista epistemológico, o engenheiro possui a atribuição de ser um “tecnólogo”, pois o desenvolvimento de artefatos tecnológicos parece pressupor não só o reconhecimento da FMC nas áreas da ciência básica, ciência aplicada e tecnologia, mas também a capacidade de transitar por essas áreas tendo em vista uma atitude criativa. Cabe ressaltar que um tecnólogo não é necessariamente um engenheiro, pois, na fronteira da ciência, as distâncias entre os agentes são tênues, de forma que não é possível classificar a atividade ou função dos mesmos perante o “fazer ciência” apenas pela área de formação de desses agentes.

Olhando para a FMC, bem como para o desenvolvimento tecnológico e científico de nossa atualidade, julgamos relevante, então, investigar o formação do engenheiro atual buscando possíveis paralelos com a definição do perfil de engenheiro tecnólogo da teoria bungeana.

Julgamos relevante mencionar que o termo “tecnólogo” da teoria bungeana não se refere à modalidade de cursos denominada “Cursos Superiores de Tecnologia”, para a

formação de Tecnólogos¹⁶. Ao longo deste trabalho, a menção a tecnólogo sempre será referente ao conceito advindo da teoria bungeana.

¹⁶ Para mais detalhes referentes aos Cursos Superiores de Tecnologia, consultar: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_content&id=12880&Itemid=866

CAPÍTULO 2 – A FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO E O ENSINO DA FMC NA ENGENHARIA: UM PROBLEMA CURRICULAR

Neste capítulo pretendemos explicitar o perfil do engenheiro atual, sua formação e suas competências, ou seja, questões contextuais pertinentes à construção de sua identidade profissional. Inicialmente, vamos discutir a formação e o perfil do engenheiro analisando as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Engenharia (DCNCE), especificamente no que tange à carga horária destinada à Física. Posteriormente, vamos discorrer brevemente sobre algumas questões relativas à consolidação da pesquisa em Ensino de Física no Brasil, bem como uma discussão sobre o ensino da FMC na escola básica para, depois, situar a problemática central de nosso trabalho no que tange ao ensino da FMC na Engenharia. Entendemos que essa problemática está relacionada à falta de um consenso na academia quando se analisa algumas propostas de estruturas curriculares que contemplam tópicos da FMC na Engenharia – o que, no nosso entender, direciona a temática para o campo curricular.

Juntamente com a discussão da pesquisa no Ensino da FMC na escola básica, procuramos fazer um paralelo entre a consolidação da pesquisa em Ensino de Física, especificamente da FMC direcionada para a escola básica, e o processo de consolidação da pesquisa em Ensino de Física na Engenharia por meio da apresentação e complementação de um levantamento bibliográfico realizado por Souza (2014), que trata de trabalhos que investigam a presença da FMC na estrutura curricular de cursos de Engenharia.

2.1 O PERFIL DE ENGENHEIRO E SUA FORMAÇÃO

Falar da formação do engenheiro é, antes de tudo, situá-la em um período sócio-político-econômico, pois as mudanças que ocorrem em um cenário, seja ele político, social ou econômico, refletem direta ou indiretamente no perfil do engenheiro e no ensino de Engenharia nas universidades. Por exemplo, para Laudares e Ribeiro (2000), quando se analisa as organizações de trabalho ao longo da história em nossa sociedade, percebe-se que algumas mudanças em sua forma de organização e sistematização parecem indicar uma maior valorização do componente intelectual em detrimento do físico. Nesse sentido, tais mudanças certamente se refletem também na atividade do engenheiro, pois também está sujeita a modificações conforme o contexto sócio-político-econômico no qual se insere.

Discorremos no capítulo anterior sobre a caracterização de Bunge a respeito das áreas do conhecimento: da ciência básica, ciência aplicada e tecnologia; e da definição de “engenheiro tecnólogo” que, no nosso entender, possui a capacidade de transitar conceitualmente pelos campos da ciência básica, ciência aplicada e tecnologia para a criação de artefatos. Nessa direção, analisando as teorias da Física desenvolvidas a partir do século XX, que em sua gênese situa-se no campo da ciência básica, entendemos que para o desenvolvimento de artefatos tecnológicos o engenheiro deva receber uma formação que possibilite tal atitude, formação esta imersa num contexto sócio-político-econômico, em que atualmente a questão do desenvolvimento científico e tecnológico assume uma dimensão de grande importância (Figura 5).

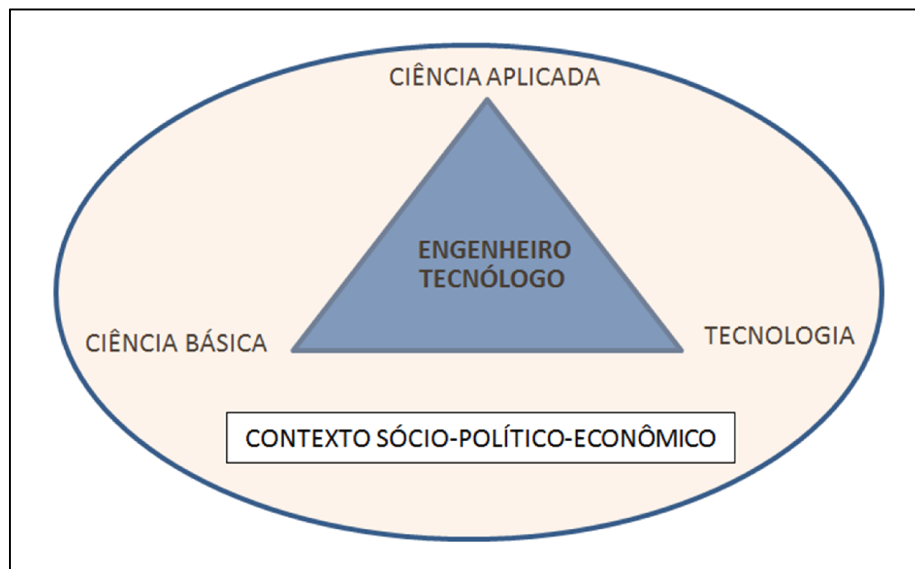


Figura 6: Engenheiro tecnólogo e o contexto sócio-político-econômico
Fonte: elaborada pelo autor

É justamente por essa razão que queremos situar nossa problemática: o engenheiro, na sua atribuição de ser tecnólogo, recebe uma formação que possibilite compreender as teorias da FMC, pertinente também ao campo da ciência básica enquanto gênese, para a produção de artefatos tecnológicos tangentes à resolução de um problema prático? Convém explicitar que quando mencionamos a característica do engenheiro tecnólogo de também transitar para o campo das ciências básicas, não estamos prescrevendo uma atitude para que ele se torne, por exemplo, um cientista perante uma comunidade acadêmica, apesar de não o colocarmos também em situação de impedimento, pois as distâncias na fronteira do conhecimento são tênues. Estamos ressaltando que a compreensão de elementos teóricos da FMC é imprescindível para o desenvolvimento de artefatos da tecnologia moderna atual.

Procurando direcionamentos para a indagação anterior sobre a formação do engenheiro em relação aos conceitos da FMC, recaímos numa investigação sobre o ensino da FMC na Engenharia. Nesse sentido, primeiramente investigaremos as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Curso de Graduação em Engenharia (DCNCE), um dos principais documentos que norteia o ensino de Engenharia no Brasil, procurando identificar como esse documento situa a Física, especificamente a FMC, na formação dos engenheiros.

2.2 AS DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E OS CURRÍCULOS DOS CURSOS DE ENGENHARIA

Como já mencionamos, o principal documento que norteia o ensino de Engenharia no Brasil são as DCNCE. Esse documento define os princípios, fundamentos, condições e procedimentos da formação de engenheiros, inclusive sobre os conteúdos que devem incorporar o currículo, as atividades complementares, a avaliação, o estágio, além de outros aspectos curriculares. No que se refere ao perfil do egresso dos cursos de Engenharia, no Art. 3º do documento consta que: “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 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” (BRASIL, 2002, p. 1).

Além disso, as DCNCE relatam sobre a necessidade de embasar a formação do profissional engenheiro com conhecimentos que propiciem o desenvolvimento das seguintes competências e habilidades gerais: aplicar conhecimentos matemáticos, científicos, tecnológicos e instrumentais à engenharia; projetar e conduzir experimentos e interpretar resultados; conceber, projetar e analisar sistemas, produtos e processos; planejar, supervisionar, elaborar e coordenar projetos e serviços de engenharia; identificar, formular e resolver problemas de engenharia; desenvolver e/ou utilizar novas ferramentas e técnicas; supervisionar a operação e a manutenção de sistemas; avaliar criticamente a operação e a manutenção de sistemas; comunicar-se eficientemente nas formas escrita, oral e gráfica; atuar em equipes multidisciplinares; compreender e aplicar a ética e responsabilidade profissionais; avaliar o impacto das atividades da engenharia no contexto social e ambiental; avaliar a

viabilidade econômica de projetos de engenharia; assumir a postura de permanente busca de atualização profissional (BRASIL, 2002).

Complementando as DCNCE, encontramos a Resolução nº 2, de 18 de junho de 2007, a qual dispõe sobre a carga horária mínima dos cursos de graduação, que no caso das Engenharias é de 3.600 horas.

Analisando as DCNCE, é possível identificar itens obrigatórios para o currículo básico em nível nacional, bem como as especificidades que devem ser consideradas dependendo de cada modalidade específica. Segundo as DCNCE, independente da modalidade, a estrutura curricular dos cursos de Engenharia deverá conter um núcleo de conteúdos básicos, um núcleo de conteúdos profissionalizantes e um núcleo de conteúdos específicos que caracterizem a modalidade.

Em se tratando do núcleo de conteúdos básicos, identificamos no Art. 6º e parágrafo 1º das DCNCE uma lista que contém quinze conteúdos gerais, sendo que todos juntos somam 30% da carga horária total mínima do curso de Engenharia. Segundo o documento, deverão ser abordados tópicos dos seguintes conteúdos: Metodologia Científica e Tecnológica; Comunicação e Expressão; Informática; Expressão Gráfica; Matemática; Física; Fenômenos de Transporte; Mecânica dos Sólidos; Eletricidade Aplicada; Química; Ciência e Tecnologia dos Materiais; Administração; Economia; Ciências do Ambiente; Humanidades, Ciências Sociais e Cidadania (BRASIL, 2002).

É importante destacar que não são descritos quais tópicos de cada conteúdo devem ser abordados nos cursos, ficando a critério de cada Instituição de Ensino Superior (IES) estabelecê-los em seus Projetos Político-Pedagógicos de Curso. As diretrizes apontam apenas para a obrigação de aulas laboratoriais nos conteúdos de Física, Química e Informática, e previsão de atividades semelhantes para os demais conteúdos, conforme a necessidade e enfoque das modalidades pleiteadas.

Para Bazzo e Pereira (2006), as disciplinas de formação básica geralmente estão alocadas no início do curso, pois são elas que fornecem a fundamentação para os estudos técnicos que são vistos mais à frente. Como o trabalho do engenheiro é fundamentalmente pautado pela resolução de problemas envolvendo o campo prático, científico e tecnológico, se ele souber interpretar de maneira apropriada os fenômenos básicos que os compõem, enquadrando-os em teorias explicativas consistentes, é provável que esse profissional saiba solucioná-los de forma adequada. Ademais, “além das matérias fundamentais para qualquer ramo da engenharia, cada curso tem suas próprias disciplinas básicas que também exigem muita atenção por parte do estudante” (BAZZO; PEREIRA, 2006, p. 213).

Por exemplo, para o núcleo de conteúdos profissionalizantes, que somarão 15% da carga horária mínima prevista, as DCNCE listam cinquenta e três tópicos gerais, ficando a critério de cada IES definir um subconjunto coerente de tópicos de acordo com a necessidade de cada modalidade.

O restante da carga horária total (55%) é destinado ao núcleo de conteúdos específicos, que será constituído de extensões e aprofundamentos dos conteúdos profissionalizantes, além de outros conteúdos pertinentes para cada modalidade definidos pela IES. Segundo as DCNCE, em seu Art. 6º e parágrafo 4º, esses conteúdos “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” (BRASIL, 2002).

Além das atividades em sala de aula, as DCNCE orientam o estágio curricular, que deverá atingir carga horária mínima de cento e sessenta horas, além da obrigatoriedade do trabalho final de curso como atividade de síntese e integração de conhecimento.

Percebe-se que as IES têm uma significativa autonomia para composição da estrutura curricular de um determinado curso de Engenharia, autonomia esta não apenas restrita a um único núcleo, mas que contempla os três núcleos de conteúdos descritos anteriormente, ainda que haja diferenças no grau de liberdade das IES para cada núcleo. No núcleo de conteúdos básicos, por exemplo, como não são especificados os conteúdos das áreas obrigatórias, a Física engloba uma diversidade de áreas que as IES, a princípio, têm autonomia para compor e ofertar por meio de diversos tipos de disciplinas relacionadas. As disciplinas do núcleo de conteúdos específicos e profissionalizantes, que corresponde a 70 % da carga horária total, são propostas exclusivamente pela IES segundo os Projetos Político-Pedagógicos de Curso.

Pretendemos retomar essa questão da autonomia das IES buscando investigar os condicionantes e parâmetros para a composição da estrutura curricular de um curso de Engenharia. Tal investigação recai numa questão curricular que será explanada no capítulo seguinte.

No próximo item, desenvolveremos alguns exemplos pertinentes à presença da FMC nos documentos oficiais direcionadas à escola básica. Queremos adiantar e chamar atenção para uma significativa diferença entre as DCNCE, que regem os parâmetros do ensino de Engenharia, e os documentos que regem o ensino da Educação Básica, como por exemplo, os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN), ou então a proposta curricular de Minas Gerais para a disciplina de Física, denominada de Conteúdo Básico Comum (CBC). Ainda que comparações tenham certo grau de limitação por tratarem de

níveis distintos do ensino, queremos chamar atenção para o Ensino da Física, especificamente da FMC. Em uma primeira impressão, os documentos que regem o ensino de Física no Ensino Médio parecem ser mais diretivos e prescritivos, no sentido de especificar os conteúdos da Física a serem ensinados, explicitando, inclusive, os conteúdos pertinentes à FMC.

Certamente os objetivos da formação do ensino básico e superior são distintos, mas uma indagação que julgamos relevante é: por que o ensino da FMC está presente nos documentos oficiais que regem o Ensino Médio e timidamente inserida nos documentos que regem os cursos de Engenharia?

Entendemos que a composição de um documento oficial pode estar relacionada com o universo da pesquisa acadêmica de uma determinada área à qual um ou mais autores pertencem, composição esta que ainda fica sujeita a condicionantes sociais, políticos e econômicos. Neste momento, queremos traçar paralelos pertinentes ao processo de consolidação da pesquisa no Ensino de Física, especificamente voltada para ensino da FMC na educação básica, com a pesquisa voltada para o Ensino de Física na Engenharia, especificamente da FMC.

2.3 A PESQUISA NO ENSINO DA FMC NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Procurando entender a consolidação da pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil, Nardi (2005) entrevistou pesquisadores que contribuíram para a origem desta área de pesquisa e destaca alguns discursos dos entrevistados procurando evidenciar interpretações no conjunto das entrevistas destacando as mais citadas:

I) Implantação de projetos de ensino estrangeiros nas décadas de 1960 e 1970, como o PSSC, BSCS, CBA, IPS, Harvard e outros e, na sequência, a partir destes, o surgimento de versões nacionais como PEF, PBEF e FAI, especialmente no Instituto de Física da USP.

II) Ocorrência de movimentos para a melhoria do ensino mediante aos resultados insatisfatórios obtidos pelo Ensino de Física nos cursos secundários e superiores. Tais movimentos, pautados principalmente por esforços pontuais ou iniciativas individuais de profissionais reconhecidos em outras áreas de atuação, fomentaram a origem da pesquisa.

III) A preocupação com o Ensino de Física possibilitou a congregação desses profissionais por meio da discussão e apresentação de trabalhos com seus pares nos eventos iniciados pelas sociedades científicas. Destaca-se, por exemplo, o primeiro SNEF (Simpósio

Nacional de Ensino de Física) que foi iniciado sob a promoção da Sociedade Brasileira de Física (SBF) em 1970, no IFUSP.

IV) O surgimento de publicações periódicas da área, como a revista *Cultus*, a *Revista de Ensino de Ciências* (da FUNBEC), a *Revista de Ensino de Física* (criada no IFUSP), e o *Caderno Catarinense de Ensino de Física* (da Universidade Federal de Santa Catarina) que favoreceram a aglutinação de esforços em prol da melhoria do ensino.

V) As políticas públicas nacionais de fomento à pós-graduação, à pesquisa e a projetos de ensino de Ciências e Matemática expandindo o número de vagas nos cursos superiores por órgãos como o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), e a consequente política de capacitação de recursos humanos por meio de formação de mestres e doutores no exterior e, a partir do retorno destes, a constituição de grupos de pesquisa no país e o início dos programas de pós-graduação. Destaca-se, por exemplo, a instituição do SPEC (Subprograma de Educação para a Ciência), iniciado no final da década de 1970, dentro do PADCT (Programa de Apoios ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico).

VI) A criação de programas de pós-graduação em Ensino de Ciências no Brasil, inicialmente em nível de mestrado e, posteriormente, em nível de doutorado na área de Ensino de Física junto aos institutos de Física da USP e da UFRGS e sediados, posteriormente, em institutos de Ciências ou nas faculdades de Educação.

Vemos que a consolidação da área de pesquisa em Ensino de Ciências passou por um processo que se originou basicamente de uma necessidade “natural”, ou seja, foram questões contextuais do Ensino da Física que proporcionaram uma investigação e fomentaram a origem da pesquisa, que, compartilhada com os pares nos eventos, ocasionou a aglutinação de esforços por grupos que prezavam pela melhoria do ensino.

Atualmente, a área de Ensino de Ciências é conhecida tanto no Brasil como fora do país por sua marcante produção científica educacional. Esse fato pode ser evidenciado, no Brasil, tanto pela produção acadêmica advinda do crescente número de cursos de pós-graduação¹⁷ e especialização, com quantidades relevantes de dissertações de mestrado, teses de doutorado e monografias, como também pelos diversos encontros e simpósios direcionados a pesquisadores e a professores em geral, nas áreas de Física, Biologia e Química¹⁸.

¹⁷ Consultar os cursos recomendados/reconhecidos pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes): <http://www.capes.gov.br/cursos-recomendados>

¹⁸ Alguns exemplos seriam: os Simpósios de Ensino de Física – SNEF, que estão na sua 21ª edição; os Encontros de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF, que estão na sua 15ª edição; o Encontro Nacional de Ensino de Biologia – ENEBIO, que está na sua 5ª edição; o Encontro Nacional de Ensino de Química – ENEQs, que está

Mas, e quanto às pesquisas direcionadas especificamente para o ensino da FMC? Pode-se dizer que as pesquisas relacionadas à essa área surgiram no contexto da renovação curricular, onde, desde a década de 1970, a pesquisa na área de ensino de Física direcionava parte de sua produção para a discussão de novas perspectivas curriculares. No entanto, foi apenas a partir de meados da década de 1980 que essa produção começou a questionar com maior intensidade os conteúdos de Física ensinados nas escolas (SANCHES, 2006). Por exemplo, há pouco mais de 20 anos, o professor Eduardo A. Terrazzan alertava para a desatualização do currículo de Física do Ensino Médio em comparação com o progresso da própria Física (TERRAZAN, 1992). O currículo que geralmente traz os conteúdos de Mecânica, Termodinâmica, Ondas, Óptica e Eletromagnetismo é, segundo o professor, reflexo de estruturas curriculares de outros países e que há tempos se perpetua pelas escolas do nosso país. Além de defasado, pois concentra conhecimentos desenvolvidos entre 1600 e 1850 de forma que os estudantes não passam a conhecer a revolução que ocorreu na Física desenvolvida após o ano de 1900, são escolhidos geralmente os mesmos tópicos de cada tema para serem abordados em sala de aula (como cinemática, termometria, eletrostática). Em meio a esse panorama, Terrazan (1992) defende que a FMC seja incorporada aos currículos do Ensino Médio por dois motivos principais: para entendimento do mundo criado pelo homem atual e para inserir um cidadão consciente, participativo e modificador nesse mesmo mundo.

Podemos observar que não são muito recentes os trabalhos que demonstram uma preocupação específica com o ensino da FMC, sobretudo envolvendo a incorporação de temas ou conceitos dessa área da Física na educação básica. Observamos que essa temática vem sendo discutida amplamente em eventos como o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), Encontro de Pesquisas em Ensino de Física (EPEF) e Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), além de frequentemente aparecer em teses, dissertações e artigos publicados em periódicos da área.

Não queremos perfazer aqui uma revisão bibliográfica acerca da temática relacionada à inserção da FMC na escola básica, pois há na literatura trabalhos dessa natureza (como SILVA; ALMEIDA, 2011; OSTERMANN; MOREIRA, 2000; PEREIRA; OSTERMANN, 2009; ARENGHI; LINO; SILVA, 2013), mas resgatar alguns pontos em torno da problemática da inserção da FMC na escola básica que julgamos relevantes e que podem ser considerados como tendo a mesma natureza daqueles que tratam a questão da inserção da FMC na Engenharia, nosso objeto de estudo.

Conforme pesquisa de revisão bibliográfica realizada por Ostermann e Pereira (2009), por meio de consulta a artigos publicados nas principais revistas de Ensino de Ciências do Brasil e do exterior no período de 2001 a 2006, em complemento a uma revisão anterior de Ostermann e Moreira (2000), são catalogadas as pesquisas sobre o ensino de FMC em quatro categorias principais:

- Propostas didáticas testadas em sala de aula,
- Levantamento de concepções,
- Bibliografia de consulta para professores,
- Análise curricular.

Outra recente revisão bibliográfica, realizada por Arengi, Lino e Silva (2013) com trabalhos acadêmicos defendidos dos últimos 10 anos no Brasil junto ao portal de teses e dissertações da CAPES, apresenta quatro categorias para as justificativas de se ensinar FMC no Ensino Médio:

- A importância da inserção de FMC no EM para a compreensão das tecnologias da atualidade,
- A necessidade de atualização curricular do Ensino Médio,
- A mudança de paradigma na Física provocada pela Física Moderna e Contemporânea e a importância dessa noção de desenvolvimento das ciências no Ensino Médio,
- A utilização da FMC como subsídio à compreensão e crítica das questões atuais que envolvem ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+) explicitam sua preocupação em relação ao ensino da FMC:

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas (BRASIL, 2002, p. 19).

A Proposta Curricular de Minas Gerais que abrange a disciplina de Física, denominada de Conteúdo Básico Comum (CBC) também caminha nessa direção. O CBC é uma proposta curricular que foi apresentada pelo governo de Minas Gerais por meio da Secretaria de Estado de Educação em 2005, com reformulação e apresentação de novas versões em 2006 e 2007. Esta proposta traz uma nova perspectiva para abordar os conteúdos ao longo do Ensino

Médio, estruturada em sete eixos temáticos, em que o eixo temático VII refere-se à Física Moderna.

Uma das características dessa proposta que julgamos relevante é a organização dos tópicos de cada eixo temático em torno de um conceito integrador, que no currículo do 1º ano refere-se à energia, o que indica ser um passo importante no sentido de significar uma reestruturação e inovação do currículo de Física. Inclusive, Figueiredo (2007) aponta alguns aspectos positivos da proposta: oportunidade de interação entre as diversas áreas permitindo discussões, reflexões e estudos no próprio local de trabalho a partir de ações compartilhadas e do trabalho em equipe; ampliação da capacidade de leitura da realidade educacional e o estímulo ao estudo e busca por novas aprendizagens que promovam o aprimoramento profissional.

No entanto, entendemos que uma mudança profunda no currículo de Física proposta pelo CBC mineiro esbarra em alguns problemas em virtude desse “rompimento drástico” com a disposição dos conteúdos tradicionalmente estabelecidos, principalmente em relação à cinemática¹⁹, que geralmente se configura como primeiro conteúdo a ser ministrado no Ensino Médio.

Em relação à essa nova proposta, Queiroz (2011) assinala alguns desses problemas, dentre os quais se destacam: a limitação do número de professores que tiveram a oportunidade de participar da política de formação continuada relacionada à nova proposta; a rotatividade dos professores nas escolas; a questão da avaliação diagnóstica aplicada a todas as escolas de maneira uniforme, desconsiderando, assim, as diferenças regionais e procedimentais na implementação do programa; a falta de disponibilidade de tempo; a burocracia na liberação das verbas para cumprimento das atividades e projetos; o cronograma reduzido para a realização das atividades do programa; além da falta de participação efetiva dos professores da rede pública estadual na elaboração da proposta curricular.

O estabelecimento e a efetividade de uma nova proposta estão intrinsicamente ligados à prática docente, pois é o professor que vai de fato implementá-la ou não. Essa constatação revela a necessidade de rever as políticas de investimento em formação continuada para viabilização da nova proposta curricular em todas as disciplinas com maior abrangência, não restringindo a formação e informação a poucos (QUEIROZ, 2011).

Essa breve constatação relativa à implementação de uma nova proposta curricular, cujo exemplo neste caso foi o CBC, pode indicar uma inerente complexidade também no que

¹⁹ Cinemática, basicamente, é um ramo da Mecânica (conteúdo que estuda os movimentos na Física) que estuda quantitativamente o movimento dos corpos sem se preocupar com suas causas.

concerne à introdução da FMC na escola básica. Arenghi, Lino e Silva (2013, p. 70) apontam que “um aspecto essencial em todo o processo de inserção da FMC no EM não tem sido suficientemente investigado, a saber: a preparação – ou formação – dos professores em exercício para a prática desses tópicos em sala de aula”.

Nessa direção, parece haver uma aparente contradição, pois na academia encontramos diversos trabalhos que investigam a formação do professor envolvendo, inclusive, cursos de Licenciatura em Física, bem como trabalhos para subsidiar os professores da Educação Básica a fim de implantar a FMC na sala de aula. Citando alguns exemplos, foram propostos materiais didáticos de apoio ao professor (OSTERMANN, 1999; OSTERMANN; CAVALCANTI, 1999; BROCKINGTON, 2005; SIQUEIRA, 2006), apresentadas intervenções didáticas desenvolvidas em sala de aula (SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2010; SIQUEIRA; PIETROCOLA; UETA, 2007), além de discussões com licenciandos e professores acerca de suas concepções sobre o ensino de FMC e as dificuldades encontradas para que isso se faça presente na prática pedagógica (REZENDE JUNIOR, 2006; REZENDE JUNIOR; SOUZA CRUZ, 2009; SOUZA; LAWALL, 2011). Vale destacar que entre as principais dificuldades citadas na literatura está a própria formação inicial do professor, a qual, por vezes, não garante que os licenciandos saiam instrumentalizados para discutir esses conteúdos com seus alunos (SOUZA; LAWALL, 2011).

Apesar de haver um gama de trabalhos na área da formação docente, a aparente contradição mencionada anteriormente pode ser explicada pelo fato de que a pesquisa voltada para a prática docente talvez seja ainda insuficiente por serem poucos os estudos voltados para o professor em exercício como sujeito de pesquisa. Quando a investigação volta-se para o universo da prática docente, a pesquisa pode revelar muitos fatores que condicionam, influenciam, dificultam ou favorecem a inserção ou não da FMC no Ensino Médio. Entender o contexto no qual se situa a prática do professor em exercício permite contrapor justificativas simplistas para explicar a não inclusão da FMC na Educação Básica, principalmente justificativas arraigadas no discurso docente e que merecem investigação, como por exemplo: falta de interesse do aluno, indisciplina em sala de aula, contexto familiar do aluno, falta de tempo para se especializar devido à extensa carga horária de trabalho, reduzido número de aulas de Física ante à expressiva quantidade de conteúdos no currículo, políticas que favorecem a progressão do aluno, desgaste psicológico para resolver conflitos em sala de aula e falta de domínio de conceitos básicos da Matemática por parte dos estudantes.

Outro ponto que queremos assinalar é o distanciamento entre a prática docente e o universo acadêmico, principalmente das pesquisas que têm como produto uma sequência

didática ou material como subsídio para o professor. Infelizmente, o professor da escola básica não toma conhecimento desses recursos, pois ainda não há uma efetiva política de educação continuada e fortemente vinculada às Universidades.

Destacamos que um passo importante para minimizar as “distâncias” entre o universo acadêmico e a prática em sala de aula foi a regulamentação dos Mestrados Profissionais (MP) em 2009 como uma modalidade de Pós-Graduação *Stricto Sensu* voltada para a capacitação de profissionais, nas diversas áreas do conhecimento, por meio do estudo de técnicas, processos ou temáticas que atendam a alguma demanda do mercado de trabalho. O Mestrado Profissional em Ensino de Ciências, por exemplo, tem como principal finalidade a formação de professores atuantes na educação básica nas áreas de Física, Química, Biologia e Matemática ou outras afins²⁰.

Retomando, evidenciamos que as pesquisas em ensino de Física, direcionadas especificamente para a temática da inserção da FMC na escola básica, encontram-se num campo relativamente bem estabelecido, sobretudo quando analisamos a consolidação histórica da pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil. Destacamos que nos documentos oficiais direcionados para a escola básica, a regulamentação para a inserção da FMC é evidente. Mas, detectamos também algumas problemáticas relativas à inserção da FMC no ensino de Física da escola básica, principalmente quanto à dissonância das propostas curriculares em relação à prática docente e ao contexto no qual a escola se insere.

Nesse sentido, queremos voltar nosso olhar para a temática das inovações curriculares pertinentes à Engenharia, sobretudo sobre a inserção da FMC nesse nível de ensino. Inicialmente, vamos analisar o campo de pesquisas relacionado ao ensino da FMC na Engenharia buscando possíveis paralelos entre a consolidação da área de pesquisa em Ensino na Engenharia e a pesquisa em Ensino de Física direcionada para a escola básica.

2.4 A PESQUISA E O ENSINO DE FMC NA ENGENHARIA

Retomando alguns pontos que julgamos relevantes, principalmente sobre a questão da tímida presença de conteúdos específicos da Física nas DCNCE quando comparados com os documentos oficiais direcionados para a escola básica, queremos fazer um paralelo entre o

²⁰ Para maiores detalhes sobre o Mestrado Profissional, consultar: <http://www.capes.gov.br/avaliacao/sobre-a-avaliacao/mestrado-profissional-o-que-e>

processo de consolidação da pesquisa em Ensino de Física na Educação Básica e a pesquisa em Ensino de Física direcionada para a Engenharia.

Quando buscamos por publicações e encontros direcionados ao ensino da Engenharia, encontramos a Revista de Ensino de Engenharia e o Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE). Nesse contexto, parece que a consolidação da área de pesquisa voltada ao Ensino de Engenharia está numa fase em que se estabelecem as discussões com os pares e busca-se a agregação dos profissionais em grupos de pesquisa. Quando buscamos por grupos de pesquisa no Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil do CNPq, utilizando como palavra-chave “ensino em engenharia”, encontramos 24 grupos, dos quais detectamos 13 cujos nomes faziam menção explícita à área de Ensino de Engenharia, conforme apresenta dispostos no Quadro 1:

Quadro 1: Grupos de Pesquisa

Grupo de pesquisa	Área	Instituição
P.E.N.C.E. - Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Engenharia	Educação	UERGS - Universidade Estadual do Rio Grande do Sul
NECEM - Núcleo de Educação em Ciências, Engenharia e Matemática	Educação	UEAP - Universidade do Estado do Amapá
Aprendizagem Ativa e Significativa em Ensino de Ciências, Matemática e Engenharia	Física	UCS - Universidade de Caxias do Sul
EnAEn - Ensino Aplicado em Engenharia e Engenharia Aplicada em Ensino	Engenharia Elétrica	UFG - Universidade Federal de Goiás
Grupo de Pesquisa em Métodos e Técnicas de Ensino e de Aprendizagem tanto em Matemática e Física para Engenharias quanto em Matemática e Ciências Adaptadas (Educação Básica).	Educação	UFC – Universidade Federal do Ceará
Grupo de Pesquisa em Ensino de Física para Engenharias (GruPEFE)	Física	UNIP – Universidade Paulista
Grupo de Pesquisa e Ensino em Modelagem e Simulação Aplicadas à Engenharia	Ciência e tecnologia de alimentos	USP – Universidade de São Paulo
Grupo de Ensino e Pesquisa em Engenharia de Fabricação	Engenharia Mecânica	IFMA – Instituto Federal do Maranhão
GEPEA - Grupo de Ensino e Pesquisa em Engenharia Aplicada	Engenharia Civil	UFG – Universidade Federal de Goiás
Ensino em Engenharia	Educação	UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Ensino e Aprendizagem em Engenharia	Educação	PUC/PR – Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Ensino de Engenharia	Engenharia Civil	MACKENZIE – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Engenharia de Processos Industriais e Ensino de Engenharia e Química.	Engenharia Química	UFV – Universidade Federal de Viçosa

Fonte: elaborado pelo autor.

Quanto aos programas de pós-graduação, procurando na base de cursos reconhecidos pela CAPES, não encontramos nenhum programa que faz referência ao Ensino de Engenharia. No entanto, associamos três programas que, no nosso entender, poderiam se relacionar com o Ensino de Engenharia, porque seus respectivos nomes pareciam aludir para a formação ou o ensino tecnológico. Feito essa seleção, investigamos os objetivos dos programas utilizando o *site* de cada um deles, cujo endereço eletrônico encontra-se na relação de cursos oferecidos pela CAPES e concluímos que tais programas, explicitados a seguir, não se direcionam especificamente para o Ensino na Engenharia.

- Formação Científica, Educacional e Tecnológica (FCET) – Nível Profissional. Oferecido pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) com o objetivo de promover o desenvolvimento profissional do educador em Ciências.
- Ensino Científico e Tecnológico – Nível Profissional. Oferecido pela Universidade Regional Integrada (URI) com o objetivo de promover a educação científica e tecnológica, baseado no desenvolvimento do ensino e da pesquisa a partir da relação entre educação, ciência e tecnologia.
- Ensino de Ciência e Tecnologia – Nível Profissional. Oferecido pela UTFPR com o objetivo de proporcionar a qualificação científica e formação profissional nas áreas de ensino pertinentes ao programa promovendo a atualização curricular acerca do conhecimento científico e tecnológico contemporâneos a fim de contribuir para melhoria do processo de ensino-aprendizagem em seus diversos níveis.

Queremos ressaltar que a busca por um programa de pós-graduação possivelmente relacionado com o Ensino de Engenharia por meio de uma análise de seu respectivo nome possui algumas limitações devido à abrangência dos programas. Nesse sentido, seria mais conveniente fazer essa busca pelo banco de teses da CAPES. Ainda que esforços ou iniciativas pontuais de profissionais possam se preocupar com o campo da pesquisa em Ensino de Engenharia, nossa análise apenas indica que não há um programa oficialmente institucionalizado pertencente a esse campo de investigação, menos ainda um programa voltado ao ensino de Física na Engenharia.

A respeito dessa temática, um trabalho intitulado: “Proposta de discussão sobre curso de Pós-Graduação em Educação em Engenharia na Universidade de São Paulo” de Coelho, Grimoni e Nakao (2012) e publicado nas atas do XL COBENGE, discute justamente a necessidade e viabilidade de um curso de pós-graduação em Educação em Engenharia. Destacamos três pontos importantes que o trabalho aborda:

I) A criação de um Programa de Pós-Graduação em Educação em Engenharia tem por objetivo complementar a formação dos engenheiros, que, independentemente de serem mestres ou doutores, muitas vezes não possuem conhecimentos referentes ao campo pedagógico.

II) Apresentação de dados sobre cursos de pós-graduação em Educação em Engenharia em algumas Universidades internacionais, principalmente nos Estados Unidos e os motivos pelos quais não existem como esses no Brasil.

III) Proposta de um curso semelhante aos existentes em outros países, mas que tenha mais aderência às necessidades e demandas nacionais.

Como todos os três programas anteriormente citados são profissionalizantes, procuramos, então, por uma proposta de mestrado profissionalizante pertinente à área do Ensino de Engenharia na literatura e encontramos o Programa Nacional de Mestrado Profissional em Ensino de Engenharia e de Tecnologia (ProfEng)²¹. Essa proposta foi elaborada pela Comissão designada pelo Fórum ProfEng composto pela CAPES, ABENGE e mais 20 Instituições que oferecem cursos de Engenharia. Na proposta, basicamente, o referido programa de pós-graduação tem por objetivo a formação qualificada para a docência em cursos de Engenharia, Tecnologia e em cursos técnicos, capacitando os profissionais com ênfase principal em aspectos de metodologias e de meios de ensino/aprendizagem devidamente contextualizados para a compreensão e solução dos problemas relacionados à área, inclusive colaborando com o desenvolvimento científico e tecnológico consoante com as demandas atuais.

Assim como a instituição dos programas de pós-graduação foi importante para a consolidação da pesquisa no Ensino de Ciências, inclusive do ensino de Física, entendemos que uma futura regulamentação do ProfEng poderia representar um passo para a consolidação da área de pesquisa em Ensino na Engenharia.

Conforme apresentamos anteriormente, olhando para a pesquisa sobre o ensino da FMC na Educação Básica, apesar de uma gama de trabalhos direcionados a esse nível de ensino, como também para os cursos de licenciatura, não encontramos muitos estudos semelhantes direcionados a outros cursos do ensino superior, como as Engenharias. Podemos traçar alguns possíveis motivos para essa realidade relacionados, por exemplo, com o processo em consolidação da pesquisa no ensino de Engenharia, especificamente do ensino de Física.

²¹ Para detalhes da proposta, consultar: <http://www.abenge.org.br/Figuras/ProfEng%20jun14.pdf>

Como as DCNCE não definem quais conteúdos de Física abordar nos cursos de Engenharia, julgamos relevante identificar trabalhos que investigam ou discutem questões pertinentes ao ensino da FMC na Engenharia. Conforme tratamos no primeiro capítulo, considerando os profundos imbricamentos da FMC nas áreas da ciência básica enquanto gênese, ciência aplicada e tecnologia, bem da denominação bungeana de tecnólogo com o papel de transitar por essas áreas do conhecimento, uma formação de engenheiro com o perfil bungeano de tecnólogo pressupõe que conteúdos da FMC estejam presentes, não somente nas estruturas curriculares dos cursos de Engenharia, mas no universo da prática docente. Mas, como essa questão tem sido abordada pelas pesquisas?

Souza (2014) realizou uma pesquisa bibliográfica buscando encontrar discussões da Física e da FMC nos cursos de Engenharia e englobou a Revista de Ensino de Engenharia (2005 a 2012), as atas dos COBENGEs (1998 a 2012), bem como os seguintes periódicos das áreas de Ensino de Ciências e Ensino de Física: Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências; Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Brasileira de Ensino de Física, Ciência e Educação e Revista Investigações em Ensino de Ciências.

No período analisado, Souza (2014) encontrou um total de setenta e um trabalhos, sendo que sessenta e um abordavam questões sobre o ensino e a aprendizagem de Física nas Engenharias, incluindo novas metodologias, avaliação e material didático; e dez trabalhos específicos sobre FMC.

Para os propósitos desta investigação, queremos voltar nosso olhar para os trabalhos encontrados por Souza (2014) na literatura e que discutem a FMC nos cursos de Engenharia. A pesquisa, classificada pela autora como Estado da Arte, é apresentada agrupando os dez trabalhos em quatro categorias²²:

- **FMC e o desenvolvimento de tecnologias:** trabalhos que defendem o ensino de FMC, especialmente, para preparar os engenheiros para desenvolver tecnologias e competir no cenário internacional. Nesses trabalhos os autores acreditam que os engenheiros precisam estar aptos a desenvolver tecnologias, a fim de gerar riquezas para o país. Nessa categoria encontram-se sete trabalhos.

- **FMC e o entendimento de tecnologias:** trabalhos que defendem o ensino de FMC para o futuro engenheiro entender e acompanhar o desenvolvimento tecnológico atual. Nessa categoria encontram-se três trabalhos.

²² Segundo Souza (2014), os trabalhos poderiam ser alocados em uma ou mais categorias.

- **FMC como motivação:** trabalhos que defendem o ensino de FMC para motivação dos alunos de Engenharia nas aulas de Física (um modo de combater a evasão). Nessa categoria encontra-se um trabalho.

- **Aplicações tecnológicas:** trabalhos que trazem aplicações tecnológicas decorrentes da FMC, sem fazer apontamentos para o ensino de FMC. Nessa categoria encontra-se um trabalho.

Identificamos que a referida pesquisa bibliográfica é pioneira na área e revela-se de grande importância para discussões e trabalhos pertinentes ao ensino da Física na Engenharia, principalmente da FMC. Souza (2014) constatou ainda três pontos que julgamos relevantes para o nosso trabalho e que merecem discussão:

I) A ausência de trabalhos discutindo o papel da Física nas Engenharias e de trabalhos sobre o currículo de Física nas Engenharias.

II) Todos os artigos foram escritos por pesquisadores com formação em Física, salvo exceções em que engenheiros participaram como autores secundários. Apenas um trabalho encontrado foi elaborado somente por engenheiros.

III) De modo geral, todos os trabalhos apontam para a importância da presença dos conteúdos de FMC nos cursos de Engenharia e como isso pode ser trabalhado em sala de aula. No entanto, grande parte dos trabalhos não direcionam quais conteúdos podem ser abordados e em quais modalidades.

Diante da primeira constatação, argumentamos que, ainda que uma discussão de ordem curricular não tenha sido realizada pelos trabalhos analisados, pesquisas direcionadas para um diagnóstico de conteúdos da FMC em estruturas curriculares de cursos de Engenharia têm sido realizadas. Nessa direção, Souza (2014) constata que quatro trabalhos (PERFOLL; REZENDE JUNIOR, 2006; CUNHA *et al*, 2008; LEMES; REZENDE JUNIOR; CHIARELLO, 2009; LEMES; REZENDE JUNIOR, 2011) apresentam análises de estruturas curriculares – a nível nacional, estadual e local – na busca por elementos da FMC nos currículos dos cursos de Engenharia, por meio de análise estatística, e apontam para a tímida presença de conteúdos da FMC nas estruturas curriculares desse cursos em diferentes universidades do Brasil, em sua maioria públicas.

Entendemos que pesquisas envolvendo um diagnóstico da presença de conteúdos da FMC em estruturas curriculares de cursos de Engenharia, ou de trabalhos que propõem conteúdos desta Física na grade curricular de determinados cursos deste nível de ensino, relacionam-se diretamente com discussões pertencentes ao campo curricular. Dessa forma,

alocamos tais trabalhos em uma nova categoria que pode ser denominada de “discussões curriculares”. Queremos ressaltar que trabalhos envolvendo discussões curriculares não se limitam a análises quantitativas, mas envolve também interpretações qualitativas, onde questões pertinentes à escolha de conteúdos, bem como da prática docente relativa ao ensino de tais conteúdos, também fazem parte do currículo²³.

A segunda constatação de Souza (2014) vem ao encontro do contexto do processo de consolidação da pesquisa a respeito do ensino de Física na Engenharia, pois, dos dez trabalhos encontrados por Souza (2014), nove foram publicados em atas do COBENGE, o que mostra uma significativa importância desse congresso para a referida fase de consolidação da pesquisa em Ensino na Engenharia. A questão da tímida participação de autores engenheiros nesses trabalhos relaciona-se com o contexto que justifica a proposta de pós-graduação (ProfEng) apresentada anteriormente.

A terceira constatação refere-se justamente à temática central abordada pelo nosso estudo, que pretende investigar quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos nos currículos de engenharia devido à falta de um consenso a respeito dessa temática, que explanaremos a seguir.

Apesar do foco em pesquisas brasileiras, Souza (2014) também analisa três trabalhos de outros países (dois norte-americanos e um colombiano) que mostram a preocupação de se inserir conteúdos da FMC nos cursos de Engenharia. Queremos chamar atenção para o trabalho de McKagan, Perkins e Wieman (2006), uma vez que os autores afirmam que, ao contrário da Física introdutória, em que há um conjunto bem definido de temas sobre os quais a maioria dos especialistas concorda em abordar nos cursos de Engenharia, não há um consenso sobre o que deve ser ensinado nas classes mais avançadas, em especial, sobre a FMC. Com o intuito de reformular uma disciplina de FMC para alunos da Engenharia, os autores entrevistaram sete docentes de Física da Universidade do Colorado-USA sobre quais seriam, na opinião deles, os conceitos mais importantes relacionados à FMC a se ensinar para os cursos de Engenharia Mecânica e Elétrica. Em geral, os professores concordaram que o estudante de Engenharia precisa saber sobre as aplicações da MQ, tais como dispositivos eletrônicos, *lasers*, microscópio de tunelamento e ressonância magnética, além de ter conhecimento sobre a origem quântica da ligação molecular e da estrutura da matéria. No entanto, os professores alegaram que seus alunos da Engenharia não precisam saber sobre a Relatividade Especial, principalmente pelo formalismo matemático apresentado.

²³ A definição desta abordagem de currículo será retomada e desenvolvida no capítulo 3 seguinte.

Delineada a importância de se introduzir conceitos da FMC na Engenharia mediante a apresentação dos trabalhos citados, um questionamento relevante seria: quais seriam, então, os conceitos da FMC que poderiam ser introduzidos nos cursos de Engenharia? Existem propostas que direcionam para essa questão? Na literatura, encontramos apenas um trabalho intitulado “A ampliação e a adequação do Ensino da Física para a Engenharia do terceiro milênio”, de Szajnberg e Zacon (2001), publicado nas atas do VII COBENGE. Os autores propõem uma readequação no ensino da Física em todos os cursos de Engenharia a fim de compatibilizá-los com o desenvolvimento científico e tecnológico. Vamos apresentar brevemente essa proposta, principalmente os conteúdos sugeridos para o primeiro, quinto e sexto semestres de curso de Engenharia.

Para o primeiro semestre, Szajnberg e Zacon (2001) propõem que em vez de começar o curso pela disciplina de Mecânica, pois não ainda não se tem pré-requisitos da disciplina de Cálculo I, pode-se elaborar uma disciplina denominada “Introdução às Ciências Naturais” incluindo algumas experiências fundamentais, explorando a história e as correntes filosóficas que a delinearão, o surgimento da Física Experimental de Galileu, o advento da Física Moderna, e explicar, discutindo preliminarmente, os dois grandes ramos desta, ainda não completamente compatíveis: a Teoria da Relatividade Restrita e Geral e a Mecânica Quântica, bem como as pontes que ligam a Física Clássica com a Física Moderna.

Posteriormente, para o quinto semestre, Szajnberg e Zacon (2001) propõem a disciplina de “Física Moderna 1”, que contempla os seguintes conteúdos: Radiação do corpo negro; Quantização da energia e a Lei de *Planck*; Dualidade partícula-onda; Ondas com propriedades de partículas; Partículas com propriedades de onda; Raios X Contínuos; Efeito fotoelétrico; Fótons; Difração de *Bragg*; Espalhamento de Compton; Ondas de *Broglie*; Experiência de *Davisson-Germer*; Pacotes de onda; Estrutura atômica; Espectros atômicos; Espalhamento de *Rutherford*; Átomo de *Bohr*; Experiência de *Franck-Hertz*; Relatividade restrita; Relatividade da velocidade da luz; Experiência de *Michelson-Morley*; Postulados de *Einstein*; Transformações de *Lorenz*; Mecânica relativista; Transformações de *Lorenz* do espaço-tempo e *momentum*-energia; Transformação da velocidade; Dinâmica relativista; Partículas com massa zero; Deslocamento relativístico no efeito *Doppler*; Mecânica relativista e Relação massa-energia.

No sexto semestre, Szajnberg e Zacon (2001) propõem a disciplina de “Física Moderna 2”, que contempla os seguintes conteúdos ou tópicos: Função de onda e a equação de *Schrödinger*; Aproximação probabilística; Teoria energética do poço unidimensional; Oscilador harmônico; Efeito túnel através da barreira potencial; Efeito de degeneração;

Princípio de incerteza de *Heisenberg*; Quantização do momento angular; *Spin* e experiência *Stern-Gerlach*; Soluções da equação de *Schrödinger* para uma partícula livre e na presença de potenciais diversos; Aplicação da teoria quântica ao átomo de hidrogênio; Átomos com muitos elétrons e a tabela periódica; Formalismo geral da Mecânica Quântica: estados, operadores, notação de *Dirac*; Álgebra comutativa, Autovalores e auto-estados; Harmônicos esféricos; *Spin*; Ressonância nuclear magnética; Física estatística quântica (*Bose-Einstein* e *Fermi-Dirac*) Bósons e Férmions; Estrutura do átomo; Forças fundamentais na natureza; Física Nuclear (física de altas energias); Estrutura nuclear; Forças nucleares e a energia de ligação; Estabilidade nuclear e decaimento radioativo; Radiação alfa, beta e gama; Interação da radiação com a matéria; Reações nucleares; Fissão e Fusão; Partículas fundamentais. Partículas e anti-partículas; Leis de conservação; Classificação de partículas; modelo padrão; Física de estado sólido; Princípios fundamentais de funcionamento de *laser* e suas aplicações no estudo das propriedades físicas dos átomos e moléculas.

Analisando-se tal proposta, destacamos sua relevância mediante a inserção de conteúdos da FMC na Engenharia, pois em dois semestres propõe-se tratar de quase todos os tópicos da Física Moderna. No entanto, em se tratando da viabilidade e efetiva concretização de uma nova proposta curricular, queremos retomar algumas questões discutidas no item deste capítulo que trata do ensino da FMC na Educação Básica.

Exemplificamos que a reestruturação curricular proposta pelo CBC mineiro, que contempla a inserção de conteúdos da FMC no ensino de Física mediado EM, ainda passa por alguns problemas, principalmente relacionados à participação docente e de outros agentes que compõem o campo curricular. Inclusive, podemos exemplificar alguns questionamentos pertinentes ao campo curricular relacionados à problemática em questão: de que forma uma proposta é concebida? Por que alguns conteúdos são escolhidos e outros não? De que forma os conteúdos podem se situar no contexto didático-pedagógico em sala de aula? O que dizem os professores ou pesquisadores a respeito de uma nova proposta?

Como vimos anteriormente, a pesquisa em Ensino de Ciências está, de certa forma, mais consolidada, em se tratando, inclusive, do Ensino de Física. Assim, empreendemos uma breve pesquisa buscando por dissertações que envolvessem ou discutissem algumas dessas indagações, especificamente a inserção de temas ou tópicos da FMC no âmbito das inovações curriculares no Ensino Médio.

Como nosso objetivo não é fazer uma revisão bibliográfica de dissertações que abordam este esse assunto, utilizamos o site de buscas do *google acadêmico* para uma

pesquisa com as palavras-chave, simultaneamente e nesta ordem: “proposta, FMC, Ensino Médio”.

Dentre alguns trabalhos relacionados, destacamos os de Brockington (2005), Silva (2011), Aguiar (2010), Ostermann (1999) e Siqueira (2012) que, basicamente, propõem tópicos ou conteúdos da FMC a serem inseridos ou trabalhados no Ensino Médio em variadas circunstâncias e contextos didáticos, envolvendo, em alguns casos, o desenvolvimento de sequências didáticas junto a professores ou licenciandos acompanhado de uma discussão de sua posterior ou possível aplicação no Ensino Médio.

Dentre os trabalhos citados, queremos chamar atenção para o de Ostermann (1999) que, em uma parte de seu trabalho, procurou estabelecer, junto à comunidade brasileira de físicos, professores de Física e pesquisadores em Ensino de Física, os temas e tópicos de FMC que poderiam estar presentes no EM. Na busca por um consenso entre tais especialistas, por meio de uma técnica de consulta conhecida como *Delphi*, chegou-se a uma lista de tópicos e temas que poderiam atualizar os conteúdos da Física escolar: Efeito Fotoelétrico, Átomo de *Bohr*, Leis de Conservação, Radioatividade, Forças Fundamentais, Dualidade Onda-Partícula, Fissão e Fusão Nuclear, Origens do Universo, Raio-X, Metais e Isolantes, Semicondutores, *Laser*, Supercondutores, Partículas Elementares, Relatividade Restrita, *Big-Bang*, Estrutura Molecular, Fibras Ópticas.

Após identificar tais tópicos, Ostermann (1999) trabalhou especificamente com a inserção de dois deles: Partículas Elementares e Supercondutividade juntamente com licenciandos que cursavam a disciplina de Prática de Ensino, que envolveu também a preparação e desenvolvimento de materiais didáticos, bem como a regência de aulas pelos licenciandos e estagiários em escolas do Ensino Médio. Julgamos que neste trabalho, Ostermann (1999) levou em consideração um processo para a identificação de tópicos da FMC que poderiam ser inseridos no Ensino Médio envolvendo a participação de agentes que compõem o campo curricular da escola básica, que neste caso foram: professores de Física atuantes em escola de Ensino Médio, Físicos em atividade de diferentes áreas e pesquisadores em Ensino de Física.

Olhando para o ensino da Física na Engenharia, entendemos que o problema de pesquisa é análogo, pois, além de não haver um consenso sobre quais tópicos da FMC inserir nesse nível de ensino, também existem vários agentes envolvidos com o campo curricular, agora direcionado para o ensino da Engenharia. Por isso, julgamos relevante analisar a possibilidade de traçar paralelos do trabalho de Ostermann (1999), voltado para atualização curricular de Física no Ensino Médio, com a atualização curricular de Física na Engenharia.

Resguardadas as devidas limitações dessa analogia por se tratar de outro nível de ensino, diante do desenvolvimento de uma proposta direcionada para a Engenharia, os questionamentos também são relevantes: Quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos na Engenharia? O que dizem os engenheiros atuantes, pesquisadores ou professores a esse respeito? É possível estabelecer um consenso entre eles sobre quais tópicos da FMC inserir na Engenharia?

Conforme mencionamos, as indagações anteriores constituem-se nosso problema de pesquisa de forma que quando tais indagações são feitas, começamos a permear algumas questões do campo curricular, campo este determinado por complexos fatores nos quais a prática docente também está inserida.

No capítulo seguinte, vamos discorrer sobre a técnica *Delphi*, que utilizamos em nosso trabalho, bem como possíveis desdobramentos desta no campo curricular direcionado para o ensino da FMC na Engenharia.

CAPÍTULO 3 – A TÉCNICA *DELPHI* E SUAS POSSIBILIDADES NO CAMPO CURRICULAR

O objetivo deste capítulo é descrever a metodologia da técnica *Delphi*, bem como sua utilização em alguns trabalhos voltados para área do ensino, especificamente na área curricular. Ao final, apresenta-se um paralelo dessa técnica com o campo curricular, bem como direcionamentos pertinentes à temática do ensino da FMC na Engenharia.

Segundo Listone e Turoff (1975) *apud* Ostermann (1999), a origem do nome desta técnica remonta à cidade grega Delfos, famosa e sagrada pelos oráculos do Templo de Apolo. O nome *Delphi* refere-se justamente à tradução inglesa de Delfos.

A técnica *Delphi* foi criada no início da década de 1960 pela *Ran Corporation*, (empresa ligada a projetos de defesa militar da força aérea dos Estados Unidos) mais precisamente por Olaf Helmer e Dalkey Gordon com o objetivo de elaborar prognósticos imediatos e em longo prazo objetivando obter um possível consenso sobre a opinião de especialistas em torno de uma temática da maneira mais objetiva possível por meio de uma série de questionamentos (CORRÊA; CUNHA; MUNERATO, 2013).

Como essa técnica envolve a coleta de dados de especialistas sobre determinado assunto, Corrêa, Cunha e Munerato (2013) classificam-na como exploratória, pois visa a descobrir informações iniciais de uma realidade a ser explorada e pesquisada para que se possa formular, posteriormente, hipóteses objetivando aprimorar ideias, confirmar ou contrapor hipóteses e intuições. Com esse direcionamento, Lima *et al.* (2008) destacam que a técnica *Delphi* refere-se a uma das diversas técnicas de coleta de dados que surgiram como forma de, possivelmente, validar cientificamente informações de campo, de forma que tornou-se a mais popular.

Buscando por uma definição, a técnica *Delphi* pode ser caracterizada “como um método para a estruturação de um processo de comunicação grupal de modo que este processo seja eficaz para que um grupo de indivíduos possa lidar com um problema complexo” (LINSTONE; TUROFF, 2002, p. 03 – tradução nossa). Para realizar essa comunicação estruturada é preciso:

- alguma retroalimentação das contribuições individuais dos componentes do grupo quanto às informações e conhecimentos fornecidos;
- alguma avaliação do julgamento, ou visão do grupo;
- alguma oportunidade para os indivíduos revisarem suas opiniões;

- algum anonimato para as respostas individuais (LINSTONE; TUROFF, 2002).

Há duas formas de *Delphi*: “Exercício *Delphi*” (lápis e papel) e “Conferência *Delphi*” (via computador) e, basicamente, quatro fases a serem seguidas em ambas: primeiramente ocorre a exploração do assunto em discussão, em que cada especialista contribui com informação que julga ser pertinente à problemática; busca-se, então, o entendimento de como o grupo vê e se posiciona diante da temática em pauta; caso haja um desacordo significativo, este deve ser explorado para levantar as razões subjacentes às diferenças e, possivelmente, estimá-las; por último, a avaliação final ocorre quando toda informação obtida previamente for analisada e houver retroalimentação das avaliações parciais dos especialistas para o estabelecimento de um possível consenso entre eles acerca da temática analisada (LINSTONE; TUROFF, 1975 *apud* Ostermann (1999)).

De modo específico, o “Exercício *Delphi*” e a “Conferência *Delphi*” possuem etapas distintas. Então, descreveremos as especificidades de cada uma delas.

As etapas do “Exercício *Delphi*”, segundo Listone e Turoff (1975) *apud* Ostermann (1999) envolve as seguintes fases:

- Definido o problema, uma equipe de monitores elabora um questionário que é enviado para diferentes grupos respondentes. Cada grupo é composto basicamente por especialistas selecionados de uma determinada área relacionada com a problemática abordada;
- Após terem sido respondidos, quando os questionários voltam, os resultados são resumidos e, com base nisso, um novo questionário é elaborado e direcionado para os mesmos grupos respondentes.
- Os grupos respondentes têm, pelo menos, uma oportunidade de reavaliar suas respostas originais baseado na análise das respostas dos outros grupos e argumentar a favor de sua resposta quando a mesma for muito divergente em relação às respostas dos seus pares.

A respeito da “Conferência *Delphi*”, Listone e Turoff (2002) mencionam que:

Uma nova forma, às vezes chamada de “Conferência *Delphi*”, substitui o monitor de uma pesquisa de grande magnitude por um computador, que foi programado para realizar a compilação dos resultados do grupo. Esta última abordagem tem a vantagem de eliminar o atraso causado ao resumir cada rodada do *Delphi* tornando o processo para um sistema de comunicações em tempo real. No entanto, ele exige que as características da comunicação sejam bem definidas antes que o *Delphi* possa

ser realizado, considerando que, no “Exercício *Delphi*” a equipe de monitores pode ajustar essas características como uma função das respostas do grupo (LINSTONE; TUROFF, 2002, p. 05 – tradução nossa).

Em nosso trabalho, realizaremos o “Exercício *Delphi*” utilizando o computador (correio eletrônico) para o envio do formulário e não o “lápiz e papel” conforme definimos anteriormente. Convém salientar que não utilizaremos a “Conferência *Delphi*” porque a compilação dos resultados não é realizada pelo computador em tempo real com os especialistas, mas seguindo os mesmos procedimentos e etapas do “Exercício *Delphi*”, como realizada por Ostermann (1999), mas com o diferencial de a comunicação ser mediada pelo computador, via *email*, e não por correspondências (lápiz e papel).

Conforme descrito anteriormente, a figura 7 apresenta de forma mais detalhada as etapas a serem seguidas para a aplicação do Exercício *Delphi*. Como a Técnica *Delphi* é definida como um método de comunicação grupal, na literatura encontramos também a denominação de “Método *Delphi*”. Assim, na maior parte deste trabalho utilizaremos o termo “técnica *Delphi*”, mas, em algumas circunstâncias, vamos também nos referir à técnica *Delphi* com o termo “Exercício *Delphi*”.

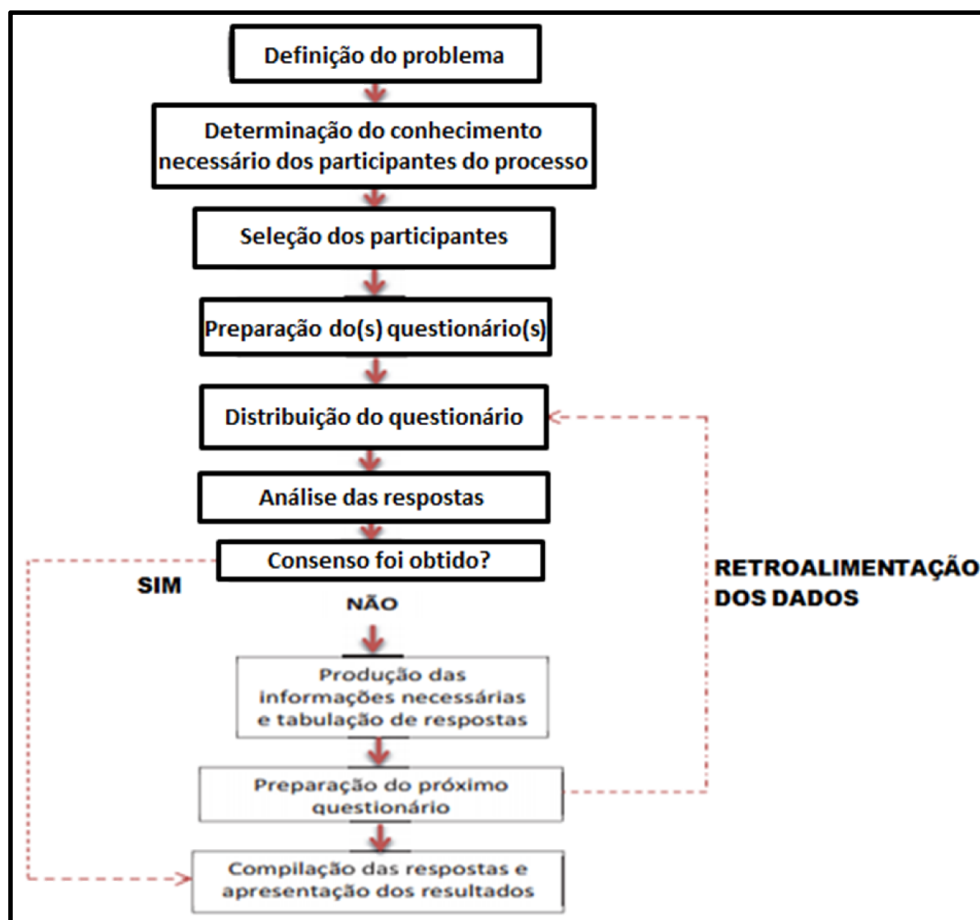


Figura 6 – Etapas do Exercício *Delphi*.
Fonte: Adaptado de Oliveira *et al.* (2008).

Conforme as etapas descritas na Figura 7, a pesquisa se inicia com a definição do problema considerado como objeto da pesquisa. Posteriormente, são selecionados os especialistas da área do assunto-problema, que, voluntariamente, desejam participar da pesquisa. Na sequência, preparam-se os questionários, que são distribuídos aos especialistas, tendo em vista obter o parecer do sujeito com base em sua experiência e conhecimento. Esta fase é chamada de primeira “rodada”.

A partir do retorno dos questionários, são analisadas as respostas buscando-se o consenso da maior parte dos especialistas em relação ao assunto. A partir desse ponto, pode haver duas situações: (i) haver consenso (concordância) entre os especialistas após a compilação de respostas e apresentação dos resultados finais do estudo; ou (ii) não haver o consenso (divergência) entre as respostas dos especialistas. Nesse caso, prepara-se o próximo questionário com os pontos divergentes e encaminha-se, novamente, o questionário aos especialistas para a obtenção do consenso, fase esta chamada de segunda “rodada”. Assim, sucessivamente, busca-se, por meio de “rodadas” de questionários com os especialistas, obter o consenso em relação ao assunto (tema) tratado (CORRÊA; CUNHA; MUNARETTO, 2013).

Toda técnica de pesquisa tem um alcance, um contexto que a delimita de forma que se pode retratar vantagens e desvantagens. Julgamos, assim, que a crítica pertinente a esta técnica de pesquisa, sobretudo quando abordada no contexto curricular, revela-se muito válida. Faremos a seguir algumas discussões sobre pontos positivos e limitações da Técnica *Delphi*.

Segundo Almaguer (2002), a técnica *Delphi* constitui-se como um dos métodos “subjetivos” de predição mais confiável, constituindo-se em um procedimento para confeccionar um quadro de evolução ante às situações complexas por meio da elaboração estatística das opiniões dos especialistas. Dessa forma, julgamos que a técnica *Delphi* revela-se útil quando se deseja solucionar um problema por meio de uma análise qualitativa, no sentido de envolver uma questão complexa onde não se tem uma resposta trivial de especialistas com diferentes visões e pertencentes a diferentes comunidades. A solução deste problema pode ser mais efetiva mediando-se um possível consenso entre tais comunidades ou grupos, pois um julgamento coletivo pode ser melhor que a opinião de um só especialista.

Considerar essa técnica como um método “subjetivo” de predição tem sua validade por se pautar pela opinião de um especialista, mas também tem sua característica negativa quando esse lado “subjetivo” pode tornar a resposta desprovida de uma fundamentação fruto da reflexão. Por isso, a disposição do especialista em participar da pesquisa também deve ser

levada em consideração, pois, como se preserva o anonimato ante seus pares, ele pode se sentir desmotivado em responder consistentemente.

Mas a mediação de opiniões que o método *Delphi* parece requerer pauta-se pela interatividade, pois envolve a comunicação grupal entre especialistas que geralmente não comungam da mesma opinião ou linha de pensamento sobre um problema complexo. Dessa forma, um contraste de ideias e opiniões pode incitar a movimentação e a revisão de ideias a respeito de um tema e propiciar também um lado formativo, da aprendizagem de outros contextos e perspectivas mediante as respostas dos pares.

Uma propriedade básica da técnica *Delphi* que a diferencia de outras técnicas de pesquisa²⁴ refere-se a três características: anonimato, interação com “*feedback*” entre os participantes e tabulação estatística das respostas dos grupos pelo pesquisador. A interação com o “*feedback*” controlado numa série de “rodadas” faz com que o pesquisador direcione seus objetivos, mas com o devido cuidado para não induzir as respostas ou o consenso entre os grupos. Neste ponto é que também reside uma limitação da técnica *Delphi*, principalmente relacionada à interferência do pesquisador em poder “forçar” o consenso das opiniões dos especialistas. Ainda que uma tabulação estatística das respostas seja feita a fim de reduzir a pressão do grupo para que avance em direção ao consenso, evitando, ao fim do exercício, uma dispersão significativa das respostas individuais, o pesquisador precisa ter um senso de ponderação e distanciamento para que não interfira no rumo da pesquisa, uma vez que as visões dos grupos podem ser bem diferentes do que ele espera, pois certamente o pesquisador já está munido de uma base teórica que situa a pesquisa em determinado contexto pertinente ao seu trabalho.

Wright e Giovinazzo (2000) mencionam, inclusive, que o anonimato das respostas e o fato de não haver uma reunião física reduzem a influência de fatores psicológicos como, por exemplo, os efeitos da capacidade de persuasão, a relutância em abandonar posições assumidas e a dominância de grupos majoritários em relação a opiniões consideradas minoritárias.

Não queremos desenvolver de forma aprofundada as limitações da técnica *Delphi* por meio de uma revisão bibliográfica, mas apenas atentar para seus limites por meio de uma visão crítica. Relativamente às questões discutidas anteriormente, de forma sintética, Oliveira *et al* (2008) apresenta as principais características da técnica *Delphi*, apontando suas vantagens e desvantagens, conforme mostramos no Quadro 2:

²⁴ Pode-se comparar, por exemplo, a técnica *Delphi* com técnicas que podem possuir a mesma natureza exploratória: grupo focal, estudo de caso e pesquisa bibliográfica.

Quadro 2 – Características da técnica *Delphi*: vantagens e desvantagens

CARACTERÍSTICAS	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Anonimato	Igualdade de expressão de ideias. O anonimato faz com que a interatividade aconteça com maior espontaneidade e que assuntos críticos ou polêmicos possam ser melhor discutidos e apresentados pelos participantes.	Ao responder um questionário sozinho, o respondente pode não se lembrar de tudo que pensa sobre o assunto ou pode não se ater a pontos sobre os quais ainda não refletiu.
<i>Feedback</i>	Redução de ruídos. Evita desvios no objetivo do estudo. Fixação no grupo das metas propostas. Possibilidade de revisão de opiniões pelos participantes.	Pode determinar o sucesso ou o insucesso do método. Risco de excluir da análise pontos de discordância.
Flexibilidade	No decorrer das discussões, os participantes recebem opiniões, comentários e argumentações dos outros especialistas, podendo, assim, rever suas posições diante do assunto pesquisado. As barreiras comunicacionais são superadas.	Dependendo de como serão apresentados os resultados e <i>feedbacks</i> , é possível que se criem consensos, forçados ou artificiais, em que os respondentes podem aceitar de forma passiva a opinião de outros especialistas e passar a defendê-las.
Uso de especialistas	São formados conceitos, julgamentos, apreciações e opiniões confiáveis a respeito do assunto.	Possibilidade de obter consenso de forma demasiado rápida.
Consenso	Sinergia de opinião entre os especialistas e identificação do motivo de divergência de opinião.	Risco de criar um consenso artificial.
Interatividade	A interatividade foge de uma conjuntura hierárquica, pois formata as respostas e, em seguida, faz com que elas sejam compartilhadas. Adequação das respostas, pois tende a excluir excentricidades que estejam fora do contexto solicitado. Aprendizado recíproco entre os respondentes.	Rodadas interativas realizadas em rede são apontadas como desvantagens por críticos ao método. Apesar de tornar o processo mais rápido e menos oneroso, o sincronismo possibilitado pela internet, contraria o benefício de obter respostas mais elaboradas.

Fonte: Adaptado de Oliveira; Costa; Wille; Marchiori. (2008).

No que se refere às áreas de aplicação, Listone e Turoff (2002) assinalam que existem muitas possibilidades para a aplicação do exercício *Delphi* e listam, inclusive, uma surpreendente variedade de áreas nas quais o método de pesquisa *Delphi* pode se enquadrar:

- Avaliação de possíveis dotações orçamentais;
- Análise da importância de acontecimentos históricos;
- Exploração de opções de planejamento urbano e regional;
- Planejamento universitário e desenvolvimento curricular;
- Montagem estrutural de um modelo ou projeto;
- Delineamento dos prós e contras associados com potenciais opções políticas;
- Desenvolvimento de relações causais no complexo fenômeno econômico ou social;
- Distinção e esclarecimento de motivações humanas reais e percebidas;
- Exposição de prioridades de valores pessoais e objetivos sociais (LINSTONE; TUROFF, 2002, p. 06 – tradução nossa).

Para os propósitos deste estudo, dentre os tópicos assinalados anteriormente, queremos chamar atenção para a área que se refere ao “Planejamento universitário e desenvolvimento curricular”, pois julgamos que a nossa temática se relaciona com o campo curricular, especificamente em se tratando da inserção e seleção de temas ou tópicos da FMC no ensino de Engenharia. Vamos explicitar os motivos dessa relação no final deste capítulo após explanarmos algumas concepções pertinentes ao campo curricular.

Para tanto, apresentaremos neste momento alguns exemplos de trabalhos que utilizam, ou discorrem sobre as possibilidades do método *Delphi* no campo curricular, especificamente no Ensino de Ciências e no Ensino de Engenharia. Para pesquisar trabalhos relacionados na literatura, utilizamos mais uma vez a ferramenta “*google acadêmico*”. As palavras-chave utilizadas foram: “*técnica Delphi*” e “*currículo*”. Nosso objetivo não foi realizar uma revisão bibliográfica, o que poderia ser objeto de estudo em trabalhos futuros, mas apenas buscar alguns exemplos de trabalhos de abordam esta temática para termos uma visão geral de como a técnica *Delphi* vem sendo utilizada em trabalhos voltados ao campo curricular.

Encontramos trabalhos em diversas áreas, principalmente ligados às Ciências da Saúde, Administração e Educação Física, que, para os propósitos deste trabalho foram descartados. Respeitando-se a sequência dos resultados da busca, selecionamos quatro trabalhos. O primeiro deles relaciona-se especificamente com a área do Ensino de Ciências aludindo ao trabalho realizado por Ostermann (1999), trabalho este já citado nos capítulos anteriores (OSTERMANN; CAVALCANT, 1999; OSTERMANN; MOREIRA, 2001).

O trabalho, intitulado “*A utilização das novas tecnologias em uma escola experimental do Rio de Janeiro*” de Moura e Sousa (2014) chama atenção para o processo de formação

docente diante das novas tecnologias no ambiente educacional. Para isso, os autores investigaram a visão dos alunos sobre a *Educopédia*, uma plataforma on-line de aulas digitais como parte de um projeto implantado em escolas públicas do Rio de Janeiro. A coleta de dados foi realizada utilizando-se a técnica *Delphi* com alunos das primeiras escolas que passaram a utilizar a *Educopédia* buscando-se um consenso por meio de três “rodadas”, principalmente em torno da aplicação e utilização dos recursos desse projeto pelos professores. Os resultados indicam que os alunos apoiam a inserção das novas tecnologias na escola e sugerem que essa poderia ser mais explorada.

Outro trabalho, com o título “*O Perfil do Engenheiro Civil do Século XXI: reflexões e subsídios para uma reforma curricular*” de Kinder, Morgado e Barbosa (2000), apresenta-se a análise dos resultados de uma pesquisa realizada com alunos do Curso de Engenharia Civil da POLI/UFRJ e empresários da construção civil por meio de questionários baseados na técnica *Delphi*. Neste artigo, os resultados da pesquisa, que objetiva identificar o perfil esperado destes profissionais no mercado de trabalho da engenharia civil e os principais gargalos nos processos de ensino/aprendizagem e de gestão dos cursos, indica que as reflexões surgidas se constituem numa contribuição ao aperfeiçoamento do Curso, em especial à ênfase na construção civil.

Por último, o trabalho: “*Técnica Delphi: metodologia para pesquisas em Educação no Brasil*” de Antunes (2014) teve como objetivo apontar a aplicabilidade da técnica *Delphi* na Educação e seus possíveis campos de intervenção. Para isso, o autor realizou uma busca por artigos publicados entre 1990 e 2011 nas plataformas *Scielo* e *Scopus*, utilizando-se os termos *Delphi* e *Delfos*. Convém destacar que esta pesquisa não se restringiu na análise de trabalhos nacionais. Nesta pesquisa foram encontrados 452 artigos que utilizavam a técnica *Delphi* como ferramenta metodológica, dos quais 19 atenderam aos critérios de seleção do autor de forma que apenas quatro deles foram realizados em solo nacional. Antunes (2014) classificou esses artigos em três categorias de análise: Avaliação de Curso, Planejamento Educacional e Políticas Educacionais de forma que os resultados encontrados indicam a necessidade de avanços em estudos na área de Políticas Educacionais. O autor aponta também que a técnica *Delphi* é facilmente aplicável em pesquisas na área da educação, com resultados muito positivos.

No cenário nacional, vemos que já existe a utilização da técnica *Delphi* em trabalhos voltados para o Ensino de Ciências e também para o Ensino de Engenharia. No entanto, queremos chamar atenção para um dado que Antunes (2014) constatou ao analisar trabalhos que utilizam a técnica *Delphi* na Educação. Ainda que haja uma limitação em sua pesquisa,

por considerar plataformas específicas de publicação, Antunes (2014) constata a necessidade de avanços em estudos na área de Políticas Educacionais, sendo que, dos quatro artigos inseridos nessa categoria, nenhum deles é nacional. Mas o que vem a ser a categoria de Políticas Educacionais? “No que se refere aos artigos classificados com Políticas Educacionais, foram encontrados estudos sobre Políticas Educacionais e tomadas de decisões, Avaliação de Políticas Educacionais e Programas de avaliação educacional” (ANTUNES, 2014, p. 69). Nesse sentido,

Estudos no campo da formação de professores e de políticas públicas são os que teriam grandes ganhos por serem temáticas que devem ser norteadas por diagnóstico a partir da interlocução de especialistas e de planejamentos bem estruturados em previsões de tendências de demandas educacionais. Assim, por ser uma ferramenta apontada, por diversos autores, como excelente em estudos educacionais, pode-se ampliar o seu uso a fim de se estabelecerem consensos entre professores, alunos, administradores e governantes acerca das diversas e urgentes questões emergentes da educação brasileira (ANTUNES, 2014, p. 70).

Reconfigurando a pesquisa e alterando o idioma da busca para o espanhol, encontramos também outros trabalhos que utilizam a técnica *Delphi* no âmbito curricular. Para os propósitos desta investigação, vamos apresentar três deles. O primeiro intitulado “*El método delphi: su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas*” (ESTÈVEZ; GALASTEGUE, 2002), utilizou o método *Delphi* para avaliar as características de uma estratégia didática, especificamente do sistema de ações para o desenvolvimento da habilidade “demonstrar” da disciplina de Geometria no nível superior. Nesse artigo, a investigação foi realizada com um grupo de especialistas de distintas áreas da disciplina de Matemática ante à problemática: como desenvolver a habilidade “demonstrar” para resolver problemas geométricos de demonstração durante o tratamento da Estereometria nos estudantes?

Díaz *et al.* (2011) desenvolveu um trabalho cujo título é “*El método Delphi y la formación del profesorado en TIC*” no qual o método *Delphi* se insere no âmbito do projeto de investigação: *design*, produção e avaliação em torno da aprendizagem 2.0 para a capacitação do professor universitário na utilização educativa das TIC (Tecnologias da Informação e Comunicação). Nessa investigação, o objetivo se direcionou para a elaboração de temáticas básicas de forma consensual entre diferentes profissionais do âmbito da tecnologia educativa sobre as áreas mais significativas nas quais se deve capacitar o professor universitário para o manejo didático das TIC.

Outro trabalho, intitulado “*La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria: un estudio mediante la técnica delphi*” (CHARRO; GÓMEZ-NIÑO; PLAZA, 2013), abordou a problemática em torno do ensino e da aprendizagem de ciências no ensino secundário obrigatório considerando aos últimos resultados do Programa Internacional de Avaliação de Estudantes (PISA) dos estudantes espanhóis objetivando identificar os aspectos falhos na prática docente, bem como tentar melhorar e intensificar os que podem contribuir para melhorar a cultura científica. Nesse sentido, os autores utilizaram a técnica *Delphi* para executar uma investigação na área da didática das ciências para determinar que aspectos poderiam ser mais interessantes e desejáveis para a formação em disciplinas de ciências para estudantes de ensino nas escolas secundárias. Nesse trabalho, procurou-se, por meio da técnica *Delphi*, encontrar um consenso entre os especialistas pesquisados, escolhidos em diferentes classes relacionadas ao campo da ciência, sobre as “chaves” para melhorar as aulas de ciências e enfatizar a necessidade de melhorar a cultura científica dos alunos. Para os autores, a técnica *Delphi* é adequada para realizar pesquisas na área de educação científica porque não exige a presença física dos especialistas consultados.

Pelos trabalhos apresentados, vemos que a utilização da técnica *Delphi* no campo curricular se relaciona, principalmente, com a mediação de tomadas de decisão entre especialistas de diferentes grupos visando um possível consenso em torno de um assunto complexo. Julgamos que essa constatação é de extrema relevância para nosso trabalho, pois também estamos investigando um tema que se relaciona com um assunto complexo e situado no ambiente curricular.

Por essa breve pesquisa, notamos que a técnica *Delphi* parece ser pouco utilizada no ambiente curricular brasileiro, principalmente no que se refere à área de Políticas Educacionais conforme descrita por Antunes (2014). Certamente, conclusões precipitadas desta constatação fogem do objetivo do nosso trabalho. No entanto, queremos chamar atenção para a questão das inovações curriculares - comumente prescritas oficialmente e relacionadas com a implementação de política públicas - não levarem suficientemente em consideração um processo de construção curricular que também envolve decisões sobre os conteúdos a serem inseridos em um determinado nível de ensino por agentes ou comunidades que também fazem parte do campo curricular. Neste sentido, decisões em torno do campo curricular, seja de caráter político, didático ou pedagógico, indicam demandar a mediação da opinião de diferentes segmentos ou grupos que compõe a esfera curricular.

Em se tratando das inovações curriculares, mediante a relevância das questões que permeiam a campo curricular, pretendemos adentrar, ainda que brevemente, alguns aspectos

pertinentes às teorias curriculares buscando, posteriormente, possíveis entrelaçamentos com a técnica *Delphi*.

3.1 ALGUNS ASPECTOS DO CURRÍCULO

Definir precisamente o que vem a ser currículo não é uma tarefa nada trivial. Uma das razões para a difícil definição alude ao fato de não se tratar somente de um conceito abstrato, separado da experiência humana, mas de uma construção cultural pela qual se organiza uma série de práticas educativas, que por sua vez estão inseridas em um determinado momento social, político, histórico e cultural (GRUNDY, 1987 *apud* GIMENO SACRISTÁN, 2000).

Buscando uma definição recorrendo à etimologia da palavra currículo, Gimeno Sacristán (2000) frisa que a origem do termo vem da palavra latina “*currere*”, referindo-se à carreira, um percurso a ser seguido. De forma análoga, Silva (2002) também se refere à palavra currículo como uma “pista de corrida” no curso da qual acabamos por nos tornar o que somos, pois a construção da identidade ou subjetividade é intrínseca ao currículo.

No entanto, quando se fala em uma definição pertinente à teoria do currículo, Silva (2002) inicia por uma discussão pela própria noção de teoria. Segundo este autor, a teoria no campo curricular não poderia ter um significado relacionado à descoberta do real, como se o currículo fosse um objeto precedente à teoria esperando para ser descrito e explicado. Ao contrário, o viés representacional de teoria torna seu conceito problemático, pois é impossível separar a descrição simbólica e linguística da realidade fazendo com que a teoria não se limite a uma descoberta ou descrição do real porque está irremediavelmente implicada em sua produção. A decorrência desse viés representacional e linguístico no conceito de teoria indica que o objeto é inseparável da trama linguística que suspostamente o descreve fazendo com que a teoria seja efetivamente um produto de sua criação.

Nesse sentido, para Silva (2002), faria mais sentido falar de discursos ao invés de teorias porque o discurso produz seu próprio objeto, uma vez que o conceito de teoria proporciona certas limitações nas definições de currículo, pois a essência não é apreendida em sua definição, ou então relacionada à problemática de qual definição seria mais adequada. Nesse viés, segundo o autor, uma definição não nos revela o que é essencialmente o currículo: uma definição nos revela o que uma determinada teoria pensa sobre o que o currículo é.

Nessa concepção de “discurso” voltado para o campo curricular, percebemos nitidamente o quanto o contexto histórico revela-se pertinente ao desenvolvimento de uma

concepção de currículo. A educação possui uma tradição milenar e em cada contexto histórico (em que o social, político, cultural, econômico e religioso também se imbricam) se volta para formar o “cidadão ideal”. Ao longo da História, por exemplo, quando o fator religioso era mais relevante, toda concepção de educação e currículo se voltava para formar um cidadão condizente com esse contexto. Como a sociedade não é imutável, a educação também se modifica com os contornos dessas mudanças.

Devido ao caráter eminentemente histórico de currículo, não seria interessante estudar a teoria do currículo em si mesma, ou seja, uma teoria acabada, voltada para um objeto que já foi descoberto bastando descrevê-lo minuciosamente, mas sim voltar-se ao discurso que cada teoria curricular apresenta e legitima no contexto do qual faz parte.

Em alguns períodos da História, grandes mudanças ocorrem nas mais diversas esferas, como social, cultural, científica, religiosa, artística etc. No Iluminismo, por exemplo, prima-se a razão para situar o homem no centro da História desde uma perspectiva positivista de mundo. No campo social, são assinalados os grandes movimentos que fazem história e provocam mudanças, ou seja, as grandes narrativas que explicam uma determinada realidade.

Na Modernidade, o currículo vai emergir como um campo especializado associado ao processo de industrialização que intensificava a massificação da escolarização. Dessa forma, o campo curricular nasce associado a um modelo que busca resultados educacionais para o processo fabril, tendo como inspiração teórica a “administração científica” de Taylor (SILVA, 2002). Nesse sentido, numa concepção tradicional, temos o currículo concebido como um programa a ser seguido pelo professor, com conteúdos determinados, disciplinas determinadas, inclusive com um corpo de conhecimentos bem determinados e instituídos oficialmente. É como se fosse um manual técnico, um guia para o professor planejar atividades sequenciais a fim de se efetivar os processos de ensino e aprendizagem dos alunos e obter um produto final. Nesse âmbito, destacamos que o discurso desta teoria curricular é composto por ideologias que são legitimadas por ordens ou segmentos sociais que detêm o poder e acabam por instituir essa concepção.

A partir da segunda metade do século XX, o discurso das teorias críticas e pós-críticas aponta para a não neutralidade de uma teoria associada ao campo do currículo. Esse discurso implica que o currículo está, inevitavelmente, dentro de relações de poder. Por exemplo, para Silva (1996, p. 23);

O currículo é um dos locais privilegiados onde se entrecruzam saber e poder, representação e domínio, discurso e regulação. É também no currículo que se condensam relações de poder que são cruciais para o processo de formação de

subjetividades sociais. Em suma, currículo, poder e identidades sociais estão mutuamente implicados. O currículo corporifica relações sociais.

Segundo Moreira (2010), as indagações da pós-modernidade se direcionam para a desconstrução das grandes narrativas desvelando “o que não é dito no que é dito” e a descrença numa consciência homogênea e centrada. Nas teorias críticas, por exemplo, questiona-se o sistema capitalista dominante que perpetua uma ordem cultural opressora de forma universal. Tal desconstrução individualiza o sujeito coletivo fazendo com que, nas teorias pós-críticas, a representação cultural de uma determinada classe social seja “uma partícula” mais importante que o todo, ou seja, o todo passa a ser visto como multicultural, onde as grandes narrativas passam a ser substituídas por micronarrativas, celebrando-se as diferenças e a preocupação com a linguagem e subjetividade.

Para Giroux (1993), o pós-modernismo assinala uma mudança em direção a um conjunto de condições sociais que estão reconstituindo os mapas social, cultural e geográfico do mundo e produzindo, ao mesmo tempo, novas formas de crítica cultural. Analisam-se as questões de significado, identidade e política sob novo prisma: acentua-se o caráter socialmente construído da linguagem; passa-se a interpretar os objetos culturais como textos. Dentre tais objetos inclui-se o currículo, passível de ser concebido e interpretado como um todo significativo, como um texto, como um instrumento privilegiado de construção de identidades e subjetividades (MOREIRA, 2010, p. 15).

Além desse olhar direcionado para o contexto histórico no qual a teoria curricular se constrói e insere, Silva (1999) assinala que a questão central que serve de pano de fundo para qualquer teoria curricular é saber qual conhecimento deve ser ensinado, ou seja, saber qual conhecimento é considerado importante ou válido para fazer parte do currículo. Além dessa problemática, o autor também menciona que o currículo, para uma visão pós-moderna, é uma questão de poder e identidade. Uma questão de poder porque privilegiar e selecionar um tipo de conhecimento, ou destacar entre as múltiplas possibilidades a construção de uma identidade ou subjetividade como sendo a ideal, é uma operação de poder na medida em que situa as teorias curriculares não num plano “puramente” epistemológico, de competição entre “puras” teorias, mas na atividade de garantir o consenso e obter hegemonia no âmbito de um campo epistemológico, social e político pertinente a um território contestado e tensionado.

Nesse sentido, o tratamento do currículo na contemporaneidade pressupõe, segundo Gimeno Sacristán (2000), que se observe sua problemática a partir da reflexão sobre: que objetivo se pretende atingir, o que ensinar, por que ensinar, para quem são os objetivos, quem possui o melhor acesso às formas legítimas de conhecimento, que processos incidem e modificam as decisões até que se chegue à prática, como se transmite a cultura escolar, como

os conteúdos podem ser inter-relacionados, com quais recursos/materiais metodológicos, como organizar os grupos de trabalho, o tempo e o espaço, como saber o sucesso ou não e as consequências sobre esse sucesso da avaliação dominante, e de que maneira é possível modificar a prática escolar relacionada aos temas.

Percebemos até agora que o currículo não possui uma definição restrita unicamente à seleção de conhecimentos a serem ensinados no âmbito de um programa a ser cumprido, concepção esta que geralmente paira nas instituições escolares ou universidades. Ao contrário, a questão curricular envolve questões múltiplas e complexas relacionadas ao contexto no qual se insere, bem como imbricamentos de questões onde se manifestam relações de poder e identidade. É justamente com esse olhar ampliado para o currículo que queremos resgatar no contexto deste trabalho.

Valendo-se de uma perspectiva ampliada de currículo, Gimeno Sacristán (2000) descreve subsistemas ou âmbitos nos quais se expressam práticas relacionadas com o currículo entendendo-o como um campo de atividade que engloba a convergência de múltiplos agentes:

- 1) O âmbito da atividade político-administrativa: a administração educativa regula o currículo do sistema educativo, sob diferentes esquemas de intervenção política e dentro de um campo com maiores ou mais reduzidas margens de autonomia.
- 2) O subsistema de participação e de controle: em todo sistema educativo, a elaboração e a concretização do currículo, assim como o controle de sua realização, estão a cargo de determinadas instâncias com competências mais ou menos definidas, que variam de acordo com o campo jurídico, com a tradição administrativa e democrática de cada contexto.
- 3) A ordenação do sistema educativo: a própria estrutura de níveis, ciclos educativos, modalidades ou especialidades paralelas ordenam o sistema educativo, marcando, em linhas gerais, de forma muito precisa, as mudanças de progressão dos alunos pelo mesmo.
- 4) O sistema de produção de meios: os currículos se baseiam em materiais didáticos diversos, entre nós quase que exclusivamente nos livros-texto, que são verdadeiros agentes de elaboração e concretização do currículo prescrito.
- 5) Os âmbitos de criação culturais, científicos, etc.: na medida em que o currículo é uma seleção de cultura, os fenômenos que afetam as instâncias de criação e difusão do saber têm uma incidência na seleção curricular.
- 6) Subsistema técnico-pedagógico: formadores, especialistas e pesquisadores em educação: os sistemas de formação de professorado, os grupos de especialistas, pesquisadores e peritos em educação criam linguagens, tradições, conceitualizações, sistematizam informações e conhecimentos sobre a realidade educativa, propõem modelos de entendê-la, sugerem esquemas de ordenar a prática relacionada com o currículo.
- 7) O subsistema de inovação: as estratégias de inovação curricular e os projetos relacionando inovações de currículos e aperfeiçoamento de professores têm sido uma forma frequente e eficaz de fazer as reformas curriculares
- 8) O subsistema prático-pedagógico: é o chamado ensino como processo no qual se comunicam e se fazem realidade as propostas curriculares, condicionadas pelo campo institucional organizativo imediato e pelas influências dos subsistemas anteriores (GIMENO SACRISTÁN, 2000, p. 23 – adaptado).

Concebendo o currículo como complexamente determinado por múltiplos fatores, Moreira (2010) assinala que na concepção pós-moderna de currículo passa-se a incluir alguns estudos sobre determinados âmbitos do currículo: *o currículo formal ou oficial*, constituído por planos e propostas; *o currículo em ação* (ou currículo real), que corresponde ao que de fato acontece nas escolas e nas salas de aula e *o currículo oculto*, constituído por situações, regras, normas ou questões não explícitas que governam as relações que se estabelecem nas salas de aula. Entendemos que essas três noções de currículo não estão compartimentadas, mas resguardam uma estreita relação, pois o *currículo formal* passa a desenvolver representações que, codificadas de forma complexa nos documentos a partir de disputas de interesses e relações de poder, são decodificadas nas escolas, também de modo complexo, explicitamente pelo *currículo real* e implicitamente pelo *currículo oculto*.

Perrenoud (1996) também define a presença de três currículos, de forma coexistente. Primeiramente, o currículo formal que estabelece as linhas da cultura que a escola deve transmitir, claramente explícito nas documentações oficiais da instituição; posteriormente, surge o currículo real, aquele que de fato é desenvolvido pelo professor na sala de aula, em que a realidade do fazer pedagógico articula o planejamento docente, a contribuição dos alunos. Por fim, há ainda o currículo oculto onde se apresentam as aprendizagens oferecidas pela escola, que não constam nos planejamentos, mas que reforçam valores e constroem uma visão de mundo, delinham comportamentos e atitudes, e acabam por moldar os alunos em áreas que passam despercebidas pela instituição.

Entendemos que essa divisão não guarda uma dicotomização no currículo, mas apresenta-se como uma forma de se analisar as funções e representações dos múltiplos agentes que compõem o campo curricular. Conforme aponta Negri (2010), convém ressaltar ainda que essa análise sobre os três âmbitos pelos quais o currículo se apresenta possui uma origem nas teorias críticas, especificamente com a contribuição da tendência da Nova Sociologia da Educação (NSE) propondo um estudo crítico dos saberes escolares, selecionados no interior da cultura e dispostos de maneira hierarquizada nos currículos.

A partir das críticas à tendência da NSE, principalmente pertinentes à redução do estudo curricular às desigualdades sociais ratificando a manutenção de uma determinada classe no poder e não entendendo o currículo como uma problemática mais ampliada, os estudos desenvolvidos posteriormente buscavam ampliar a análise dos fatores explicativos da “tradição seletiva” do currículo de forma que uma importante contribuição provém, por exemplo, das análises de Michael Apple que, ao lado de estudiosos como Henry Giroux, foi

um dos precursores norte-americanos da assim denominada Sociologia do Currículo (NEGRI, 2010).

Tais autores prosseguem na busca de redefinição do campo curricular, rejeitando a tendência tecnicista predominante até a década de 1970, que expressava uma visão instrumental e apolítica do currículo. Suas análises se voltam ao exame das relações entre currículo e estrutura social, cultura, poder e ideologia, dentre outras, buscando desvendar fatores que contribuem, tanto no currículo formal quanto no currículo em ação e no oculto, para a reprodução das disparidades sociais (NEGRI, 2010, p. 278).

Não vamos enveredar pelas discussões pertinentes às disparidades sociais presentes no currículo, mas evidenciar um questionamento que pode até mesmo estar presente na origem da problemática referente à ausência de um processo de construção democrática para a composição do currículo formal levando-se em consideração os múltiplos agentes que compõem a esfera curricular. Uma vez detectados e evidenciados os questionamentos das teorias críticas, e principalmente a ideia de que o currículo pode ser expressão de uma cultura social dominante, uma indagação pertinente seria: “como tornar presentes, de maneira contínua e processual, também os interesses dos grupos minoritários? Ou melhor, como seguir os direcionamentos curriculares oficiais, operacionalizando-os e adaptando-os à necessidade de um currículo mais democrático?” (NEGRI, 2010, p. 278-279).

Entendemos que esses questionamentos podem incitar respostas ou direcionamentos para as perspectivas das teorias pós-críticas, sobretudo pertinentes à homogeneização que os currículos oficiais parecem estabelecer sem levar em consideração as singularidades ou particularidades de grupos minoritários em prol do estabelecimento de uma cultura comum. Não é nosso objetivo responder tais indagações, mas queremos chamar atenção para dois pontos que julgamos relevantes. O primeiro refere-se ao questionamento da autoria do currículo oficial considerando sua possível natureza democrática em seu processo de consolidação e implementação; e o segundo, de considerações pertinentes ao “diálogo” que pode ocorrer entre os agentes do currículo oficial e real, principalmente em se tratando das singularidades culturais pela ótica do multiculturalismo das teorias pós-críticas, quando o currículo oficial pauta-se por um processo de construção que visa, ao máximo, à contribuição dos múltiplos agentes que compõem o campo curricular.

Para os propósitos deste trabalho, queremos, ainda, tecer mais algumas considerações acerca conceitos pertinentes à definição de currículo oficial, real e oculto para, posteriormente, retomar alguns direcionamentos sobre as constatações anteriores,

principalmente referentes à natureza democrática que o currículo oficial parecer requerer em sua formulação.

O currículo oficial, como já dissemos, é o currículo escrito e visível instituído para legitimar uma concepção pedagógica, aliada à seleção de conhecimentos considerados válidos para uma determinada escolarização. Esse currículo é formulado e estabelecido pelos sistemas de ensino, sendo expresso em documentos oficiais e diretrizes curriculares que delineiam objetivos e conteúdos das áreas ou disciplina de estudo. Podemos citar, por exemplo, os documentos prescritos oficialmente como os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) da escola básica e as Diretrizes Curriculares Nacionais do curso de Graduação em Engenharia (DCNE). Dessa forma, no currículo oficial são promulgadas, explícita ou implicitamente, as intenções básicas da escolarização, legitimando-se discursos ideológicos que estão por trás do que é escrito.

Convém ressaltar que o currículo, nesse âmbito, não se limita a uma seleção de conteúdos propostos para serem ensinados. Para Gimeno Sacristán (2000), currículo é uma opção cultural e torna-se parte da cultura-conteúdo do sistema educativo. Ainda para esse autor, a realidade curricular é composta por três vertentes fundamentais: seleção cultural, condições institucionais e concepções curriculares, sendo que tal dinâmica curricular não se produz no vazio, mas está envolta pelo campo político e cultural de cada contexto. Nesse sentido, o currículo revela-se como um projeto seletivo de cultura administrativamente condicionado pelo social e político, que preenche a atividade escolar e que se torna realidade dentro das condições da escola tal como se acha configurada.

Algumas ideologias estão associadas à escolha de disciplinas a serem ministradas, bem como na seleção cultural de determinados conteúdos disciplinares, justificada, muitas vezes, pela necessidade de conservar e transmitir heranças culturais do passado. Nesse sentido, as questões ideológicas de valores e de formações de identidade também perpassam o currículo oficial, pois, nas teorias críticas, questiona-se justamente que tipo de cultura seria esta a ser selecionada e reproduzida pela escola, concebida como aparelho ideológico do estado para formação de identidades, valores e padrões que se espera da sociedade futura, conforme assinalou Althusser em sua obra “Ideologia e Aparelhos Ideológicos do Estado” (LINHARES; MESQUIDA; SOUZA, 2007).

O currículo real, por sua vez, relaciona-se com a transposição do currículo oficial para o que de fato ocorre em sala de aula. É a concretização do oficial no que tange à didatização dos conteúdos propostos pelo professor e às situações que ocorrem em sala de aula no plano dos processos de ensino e aprendizagem. Nessa concepção de currículo, evidenciamos dois

conceitos centrais trabalhados por Gimeno Sacristán (2000): currículo como prática pedagógica e *práxis* docente.

O currículo concebido como prática pedagógica refere-se ao cruzamento de práticas diferentes que se converte em um configurador de tudo o que podemos denominar como prática voltada para qualquer tipo de situação disposta nas aulas e nas instituições escolares. A maioria das práticas pedagógicas é multicontextualizada de forma que o currículo se traduz em atividades e adquire significados concretos por meio delas.

É nesse ponto que a menção ao currículo só faz sentido quando está ele associado à prática docente. Prática esta que é sustentada pela reflexão em contínuo diálogo com a teoria, emanada também do currículo oficial. Tal dialética entre teoria e prática, denomina-se *práxis*. Para que o currículo contribua para o interesse emancipatório, segundo Grundy (1987, p. 114) *apud* Gimeno Sacristán (2000): ele deve ser entendido como *práxis* e apoiado pelos seguintes princípios:

- Prática sustentada pela reflexão, pois se constrói através de uma interação entre o refletir e o atuar, dentro de um processo circular que compreende o planejamento, a ação e avaliação, tudo integrado por uma espiral de pesquisa-ação.
- O processo de construção do currículo não deveria se separar do processo de realização das condições concretas dentro das quais se desenvolve.
- *Práxis* não pode se referir exclusivamente a problemas de aprendizagem, pois ela opera em um mundo de interações, que é o mundo social e cultural.
- O conteúdo do currículo é uma construção social. Através da aprendizagem do currículo, os alunos se tornam ativos participantes da elaboração de seu próprio saber.
- A *práxis* assume o processo de criação de significado como construção social, não carente de conflitos, pois se descobre que este significado acaba sendo imposto pelo que tem mais poder para controlar o currículo.

O currículo oculto está relacionado ao que é implícito na prática pedagógica, bem como nas situações ocorridas em de sala de aula que afetam a aprendizagem dos alunos e o trabalho dos professores. São questões implícitas que não estão evidentes no currículo oficial em meio às várias práticas, atitudes, comportamentos, gestos, percepções, que vigoram no meio social e escolar (MOREIRA; SILVA, 1997).

Esse tipo de currículo pode assumir diferentes enfoques de forma que parece estar intimamente relacionado à subjetividade docente que concebe significados às situações ocorridas em sala de aula, inclusive aquelas que se constituem implicitamente pelo conjunto de atitudes, valores e normas firmadas no contrato didático-pedagógico pelo professor em sua relação com o aluno. Percebe-se que ideologias e relações de poder nesse tipo de currículo também estão intrinsecamente presentes.

Melhor delineadas essas três concepções de currículo, queremos ressaltar que as inovações curriculares não se inserem, ou não deviam se inserir, apenas no plano do currículo oficial, mas da coexistência dos três âmbitos que descrevemos aqui. Assim, o campo de estudos pertinentes ao currículo demonstra ser amplo e complexo, principalmente quando começamos a permear indagações referentes às teorias críticas e pós-críticas, pois assumem uma dimensão que envolve considerações históricas, econômicas, políticas, culturais, subjetivas, filosóficas, sociológicas etc.

Conforme já mencionamos, o conceito de currículo não se limita a programas ou sequências de conteúdos a serem cumpridos pelo professor de forma neutra. Para Gimeno Sacristán (2000), apesar da importância desse campo de estudo, constata-se certa despreocupação da conceitualização de currículo com nosso pensamento pedagógico mais próximo, no sentido não o entendermos de forma ampliada, limitando-o muitas vezes a outras necessidades não diretamente ligadas à questões pedagógicas. Segundo o autor, isso pode ter duas explicações:

a) A pedagogia acadêmica com conteúdos, práticas e interesses não serviram de ferramenta crítica para o projeto educativo realizado na escola, sendo que elas funcionavam em torno de um projeto de cultura muito pouco discutido.

b) Currículo tem sido um campo de decisões do político e do administrativo, cuja reforma e elaboração foram feitos fora do ambiente escolar e à margem dos professores, fazendo com que as decisões básicas sobre currículo sejam competência somente da “burocracia administrativa”. No entanto, nos sistemas escolares organizados, a intervenção da burocracia no aparato curricular é inevitável, pois o currículo é parte da estrutura escolar. O problema reside em não buscar analisar e contrabalancear os diferentes efeitos das diversas formas de se realizar essa intervenção. O próprio professorado é de certa forma condizente com o legado da tradição não-democrática no currículo, porque está socializado profissionalmente nesse esquema.

Diante dos problemas anteriormente assinalados, Gimeno Sacristán (2000) traz três direcionamentos pertinentes. O primeiro aponta que o primeiro destinatário do currículo é justamente o professorado e não os alunos em si, como se eles fossem “consumir” o currículo. O professor é um dos agentes transformadores do primeiro projeto cultural. A segunda constatação é que uma teoria curricular não pode ser indiferente às complexas determinações de que é objeto a prática pedagógica, porque esse currículo, antes de ser idealizado por qualquer teorização, se constitui em torno de problemas reais que se dão nas escolas, que os professores têm e que afetam os alunos e sociedade. Por isso, a teoria deve servir de

instrumento de análise da prática e apoiar a reflexão crítica que torne consciente a forma como as condições presentes levam à falta de autonomia. O terceiro direcionamento refere-se ao entendimento do currículo como *práxis*, conforme definimos anteriormente.

É justamente neste campo tensionado que o currículo de fato se concretiza, pois assume o âmbito de ser uma ponte entre a sociedade e a instituição de ensino por meio de um plano educativo composto por diferentes aspectos, como experiências docentes e discentes, conteúdos, conhecimentos, conflitos entre professor-aluno e aluno-aluno etc. que perpassam pela concretização das funções da própria instituição escolar. Nessa direção, o currículo assume uma função de socialização cultural em uma determinada instituição de forma que a mudança e melhoria da qualidade do ensino não estão relacionadas apenas à atualização de conhecimentos que o currículo compreende, ajustados à evolução da sociedade e da cultura, mas também na forma pela qual o currículo se constitui como instrumento para incidir na regulação da ação e transformação da prática dos professores. Neste sentido, além do currículo se preocupar em atualizar conhecimentos, estruturas curriculares e pedagógicas em função das mudanças sócio-político-culturais, carece ter em mente que qualquer melhoria precisa considerar a *práxis* do currículo pelo professor (SACRISTAN, 2000).

Diante do desenvolvimento de alguns aspectos da teoria curricular, julgamos relevante ressaltar três pontos: o primeiro refere-se às inúmeras dificuldades que instituições de ensino, professores, pesquisadores e o próprio sistema educacional, com suas pretensões e políticas públicas, encontram para o entendimento de currículo em uma concepção ampliada. Decorrente desse ponto, tais dificuldades podem estar principalmente direcionadas para a figura do professor que está socializado profissionalmente numa tradição não-democrática do currículo, ou seja, sua *práxis* docente geralmente é pouco considerada quando se trata de mudanças curriculares por não haver um processo de construção e consolidação no âmbito do currículo formal. Em outras palavras, parece não haver um diálogo entre o currículo formal e o real.

Outra questão refere-se às relações de poder pertinentes ao campo curricular nos processos decisórios para seleção do conhecimento a ser ensinado para a formação de uma identidade ou subjetividade. Segundo Moreira (2012), no campo das relações de poder inerentes ao currículo, encontram-se pressupostos ideológicos subjacentes à construção e implementação de uma proposta curricular. Isso ocorre, por exemplo, quando financiamentos externos estabelecem critérios para a concessão de empréstimos e orientações gerais nas quais parece prevalecer a lógica econômica sobre a social, democrática e educacional, como se o setor da educação fosse subordinado à racionalidade do universo econômico.

Diante dessa visão complexa de currículo envolvendo um campo tensionado onde se entrecruzam múltiplos agentes ou subsistemas nos quais se perpetuam diferentes forças que se expressam em sua configuração, em nosso trabalho, queremos chamar atenção para os processos decisórios no âmbito das inovações curriculares. Em se tratando das políticas públicas curriculares, no que tange à sua construção e consolidação, queremos destacar algumas indagações que julgamos relevantes: Quem são os agentes responsáveis pela composição do currículo oficial? Quais os critérios de escolha? Os processos decisórios pautam-se por um possível consenso entre diferentes agentes que compõem o campo curricular?

Diante de tais indagações, situadas principalmente no plano das inovações curriculares, concordamos com Negri (2010), quando aponta que uma análise sobre as possibilidades de mudanças nas propostas e práticas curriculares contemporâneas requer, antes de tudo, uma reflexão sobre o processo de seleção e de reelaboração didática dos conteúdos a serem inseridos no plano do currículo oficial. Nesse sentido, procurando direcionamentos para as indagações anteriores, julgamos que a técnica *Delphi*, quando direcionada para o campo curricular, pode favorecer processos decisórios sobre o currículo oficial numa perspectiva dialógica entre os múltiplos agentes que compõem o currículo, tendo em vista construções e implementações mais democráticas, conforme explicitaremos a seguir.

3.2 APROXIMAÇÕES DA TÉCNICA *DELPHI* COM O CAMPO CURRICULAR

Após apresentar a técnica *Delphi* no início deste capítulo, vamos procurar tecer alguns paralelos com conceitos do campo curricular discutidos anteriormente, principalmente no âmbito das discussões curriculares.

O ponto de partida da técnica *Delphi* refere-se a um problema complexo que não possui uma solução trivial e simplista por parte dos especialistas de uma área em questão. O currículo se insere justamente num campo complexo e tensionado direcionando-se para processos decisórios que envolvem diferentes visões, relações de poder de várias instâncias ou grupos, questões ideológicas e de formação de identidades. Por isso, o campo curricular não é acabado em si mesmo, mas complexamente determinado por fatores sociais, políticos, econômicos e culturais no momento histórico em que tais fatores se inserem.

Entender o currículo como uma seleção de conteúdos a serem seguidos de forma neutra e acrítica é ignorar as nuances pelas quais o homem transforma a sua própria história e negar o caráter dinâmico pertinente à sua própria historicidade, aceitando-o como um mero produto ou objeto do seu meio. Nesse sentido, a técnica de consulta *Delphi* pode vir ao encontro do tratamento complexo e tensionado exigido pelo campo curricular, na medida em que concebe a realidade curricular não de forma estabelecida ou pré-definida, mas como uma problemática que carece de um direcionamento, não necessariamente de uma solução, devido ao caráter dinâmico que a esfera curricular possui.

A perspectiva das relações de poder e identidade no currículo e a legitimação do poder por grupos ligados, por exemplo, aos conselhos ou instâncias político-econômicas que podem “regular” o que deve ser ensinado, ou mesmo as instituições que possuem autonomia para tal, também são questões contempladas pela complexidade inerente ao campo curricular. Nesse sentido, quando um problema pertinente a esse campo torna-se objeto de pesquisa pela técnica *Delphi*, como, por exemplo, quais conteúdos inserir numa proposta curricular ou na estrutura curricular de determinado curso, o anonimato das respostas dos diferentes grupos, compostos por agentes que compõem o campo curricular, pode minimizar (mas não anular) as controvérsias e adversidades de embates ideológicos pertinentes às relações de poder de diferentes subsistemas ou grupos da esfera curricular.

A técnica *Delphi* também pode se relacionar com a busca pela questão democrática direcionada ao campo curricular, pois algumas indagações, como por exemplo, “o que deve ser ensinado?”, podem ser respondidas apenas por instâncias que valorizam fatores políticos e econômicos e não buscam contemplar os interesses dos múltiplos agentes do currículo, principalmente da *práxis* docente, de pesquisadores que buscam um diálogo reflexivo entre teoria e prática, ou de profissionais atuantes nos diversos níveis de ensino. Dessa forma, a utilização da técnica *Delphi* selecionando participantes de grupos ou esferas do currículo que muitas vezes são ignorados nas decisões curriculares pode encaminhar para uma perspectiva mais democrática.

Retomando a temática de nosso trabalho, como nossa problemática se situa em torno da identificação de tópicos ou temas da FMC que poderiam ser ensinados na Engenharia, estamos, sem dúvida, adentrando o campo curricular pertinente ao ensino de Engenharia. Podemos, nesse sentido, a título de exemplo, identificar alguns agentes que compõem a esfera curricular deste nível de ensino: professores, engenheiros egressos, pesquisadores, coordenadores de cursos, incubadoras, empresas, políticas públicas ou iniciativas privadas que financiam projetos de pesquisa ou iniciações científicas, mercado de trabalho, questões

econômicas de uma nação, Conselhos de Engenharia, políticas de intercâmbio etc. Entendemos, inclusive, que a problemática tangente à inovação curricular de determinados conhecimentos na Engenharia alia-se a diferentes pressupostos epistemológicos, conforme constatamos no primeiro capítulo, e que também traz reflexos imediatos para o currículo, pois este, conforme salienta Moreira (2009), possui tem o potencial de transformar as pessoas para desempenharem determinado papel na sociedade e transformar seus contextos. Dessa forma, o currículo visa à formação de sujeitos autônomos, críticos e criativos, capazes de examinar como as coisas passaram a ser como são e de que modo é possível atuar para que elas venham a ser diferentes do que são.

Com esse direcionamento, julgamos relevante a escolha e utilização da técnica *Delphi* em nosso contexto de pesquisa, pois a mediação e busca por um consenso em torno da problemática sobre quais tópicos da FMC inserir na Engenharia revela-se como com uma questão de ordem curricular, cujas respostas podem ser construídas por meio de uma abordagem mais democrática na dinâmica dos processos decisórios considerando os vários agentes que compõem o campo curricular deste nível de ensino.

CAPÍTULO 4 – ASPECTOS METODOLÓGICOS E O DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Mencionada no capítulo anterior a importância de se utilizar a técnica *Delphi* em trabalhos que envolvem o campo curricular, aqui relacionado com a inserção de temas da FMC no ensino da Engenharia, vamos utilizar a metodologia do trabalho de Ostermann (1999) para o contexto de nosso trabalho, conforme justificamos anteriormente. Neste capítulo, situamos a pesquisa diante do contexto apresentado nos capítulos precedentes e apresentamos o seu desenvolvimento, no qual a aplicação da técnica *Delphi*, assim como em Ostermann (1999), envolveu três “rodadas”.

Conforme descrevemos no terceiro capítulo sobre as especificidades do método *Delphi*, convém salientar que o termo “rodadas” faz referência a cada etapa da coleta das informações pertinentes à pesquisa, ou seja, na primeira “rodada” direciona-se a pergunta inicial para os participantes e, após a tabulação dos dados, estes são enviados novamente para os respondentes, cuja etapa denomina-se segunda “rodada”, a fim de opinarem sobre a concordância ou não dos temas escolhidos inicialmente com direito a revisarem suas respostas e defenderem seu posicionamento até que um possível consenso seja estabelecido por meio de sucessivas “rodadas”. Gordon e Helmer (1964), *apud* Listone e Turoff, (2002), ao compararem vários estudos que utilizavam a técnica *Delphi*, concluíram que três “rodadas” mostraram-se, em geral, suficientes para atingir estabilidade nas respostas; muitas “rodadas” tendem a mostrar pouca mudança e a repetição excessiva torna-se inaceitável para os participantes.

4.1 SITUANDO A PESQUISA

A ideia de investigar questões do Ensino de Física direcionadas para o Ensino na Engenharia surgiu de algumas indagações decorrentes da experiência do autor como professor de Física do Ensino Médio, sobretudo por questões relacionadas às inovações curriculares vivenciadas nessa experiência. Uma das questões centrais relaciona-se justamente com indagações pertencentes ao campo curricular, especificamente da efetividade das inovações curriculares propostas por documentos oficiais no sentido de o autor detectar um descompasso entre o que é proposto e o que efetivamente pode ser feito no contexto curricular da prática docente, conforme mencionamos no capítulo anterior.

Inicialmente, tais indagações se direcionavam para o ensino da FMC no Ensino Médio, pois esse campo da Física está intimamente relacionado com o cotidiano dos alunos, seja no funcionamento de tecnologias modernas ou em situações que despertam neles o interesse e a curiosidade. No entanto, buscando por pressupostos epistemológicos da Tecnologia, em sua relação com a Ciência e a Técnica – conforme discutimos no primeiro capítulo – encontramos outro cenário, que passa a envolver também o desenvolvimento das tecnologias modernas, principalmente as que envolvem a FMC, tanto na sua construção como em seu funcionamento.

Voltamos, então, nosso olhar para o perfil e a formação do engenheiro, considerado como um dos agentes responsáveis pela inovação científica e tecnológica atual, e investigamos, no segundo capítulo, questões pertencentes ao ensino da FMC na Engenharia, sobretudo pertinente ao contexto das inovações curriculares neste nível de ensino fazendo um paralelo com problemas relativos à inovação curricular na escola básica.

Nesse sentido, constatamos que conteúdos deste ramo da Física estão timidamente presentes nas estruturas curriculares de cursos de Engenharia e que discussões pedagógicas sobre o ensino na Engenharia são ainda incipientes em se tratando, por exemplo, da falta de um consenso sobre quais conteúdos de FMC devem ser inseridos na formação de engenheiros.

Conforme discutimos no terceiro capítulo, tais questões indicam que a inovação curricular também perpassa por um contexto mais amplo e complexo, determinado por relações de poder, indagações sobre identidade a ser formada pelo currículo e pelo processo de construção e consolidação de propostas que podem levar em consideração a participação de agentes que, direta ou indiretamente, estejam relacionados com o campo curricular.

Com esse direcionamento, no âmbito das inovações curriculares de trabalhos já realizados e voltados para a escola básica que investigam a inserção da FMC nesse nível de ensino e, mediante a complexidade inerente ao campo curricular também presente no ensino de Engenharia, detectamos a necessidade de se realizar uma pesquisa a fim de identificar quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos na Engenharia estabelecendo uma analogia metodológica com o trabalho de Ostermann (1999), voltado para o Ensino Médio, conforme mencionamos no capítulo anterior, mas onde se instaura um contexto curricular, epistemológico e histórico-político-econômico diferenciado, no qual o ensino de Engenharia está situado.

Em torno da temática sobre quais tópicos da FMC inserir na Engenharia, voltamos nosso olhar para os seguintes sujeitos de pesquisa: engenheiros atuantes no mercado de trabalho, professores de Engenharia e engenheiros envolvidos com pesquisas da área do

Ensino de Engenharia. O motivo dessa escolha, não se refere apenas a uma correspondência metodológica ao trabalho de Ostermann (1999), que será explicitada no próximo item, mas também a uma questão curricular, principalmente ligada ao entendimento de currículo como processo envolvendo uma multiplicidade de relações dos agentes nos âmbitos do currículo.

Dessa forma, tendo em vista a interlocução e diálogo entre esses especialistas, o objetivo desta pesquisa é propor um conjunto de tópicos de FMC para o currículo de Engenharia por meio de um levantamento utilizando-se a técnica *Delphi* de consulta com professores de Engenharia, engenheiros atuantes e pesquisadores do Ensino de Engenharia.

Os objetivos específicos desta investigação podem ser descritos como:

- Delinear direcionamentos e implicações decorrentes à utilização da técnica *Delphi* para o campo curricular do Ensino de Engenharia, especificamente das implicações do ensino de tópicos da FMC.
- Como produto final, elaborar um material textual direcionado aos coordenadores de cursos de Engenharia publicando-o em uma determinada Revista Técnica ou de Divulgação (não *Qualis* Periódico) objetivando orientar e informar a respeito da pertinência de se inserir tópicos de FMC na Engenharia, preferencialmente os tópicos identificados por este método *Delphi*.

4.2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O objetivo desta seção é apresentar os procedimentos metodológicos pertinentes à técnica *Delphi* que foram utilizados no decorrer da pesquisa. Para melhor descrevê-los, vamos inicialmente apresentar os procedimentos de coleta de informações definindo os grupos respondentes e, posteriormente, os procedimentos gerais para a tabulação dos dados das três “rodadas”.

Delineada a problemática a ser pesquisada, referente a quais tópicos da FMC inserir no ensino de Engenharia, passamos para a seleção dos grupos respondentes.

O grupo respondente nesta pesquisa não foi constituído de forma aleatória, pois procuramos uma correspondência com os grupos respondentes do estudo de Ostermann (1999), que foi constituído conforme disposto Quadro 3:

Quadro 3: Grupos respondentes do trabalho de Ostermann (1999)

1- Físicos profissionais em atividade em instituições nacionais de ensino e pesquisa de diferentes áreas
2- Professores de Física em atividade em escolas de ensino médio com boa formação acadêmica
3- Pesquisadores em ensino de Física em atividade em grupos de pesquisa e/ou programas de pós-graduação nessa área

Fonte: Ostermann (1999)

Para os propósitos desta pesquisa, respeitando-se a mesma sequência anterior, o grupo respondente foi constituído conforme disposto no Quadro 4:

Quadro 4: Grupos respondentes da pesquisa

1. Engenheiros atuantes em diferentes áreas
2. Professores de Engenharia em atividade em Instituições de Ensino Superior públicas
3. Pesquisadores em ensino de Engenharia em atividade em grupos de pesquisa e/ou programas de pós-graduação

Fonte: A autoria própria.

Julgamos conveniente salientar que existe uma limitação quanto à correspondência dos grupos desta pesquisa, direcionada para a Engenharia, com os grupos da pesquisa de Ostermann (1999), direcionada para a escola básica. Os físicos em atividade possuem uma imediata correlação com sua área de atuação, ou seja, as indagações sobre os conteúdos da FMC, de certa forma, fazem parte de sua formação e atuação. Isso não acontece com o grupo dos engenheiros, pois atuam em áreas que, necessariamente, não possuem uma correlação direta com conteúdos da FMC. Quanto ao grupo dos professores, também evidenciamos uma limitação, pois o grupo de professores do Ensino Médio da pesquisa de Ostermann (1999) possui formação específica para atuar na docência e o grupo de professores de Engenharia, basicamente, possui formação para atuar como engenheiros e não como docentes, o que não descarta a possibilidade de se ter engenheiros licenciados ou com cursos complementares relacionados à docência. Por fim, também há certa limitação no que se refere ao grupo dos pesquisadores, pois conforme discorreremos no segundo capítulo, a pesquisa em Ensino de Engenharia parece estar em fase de consolidação, se comparada com a pesquisa em Ensino de Física.

Convém destacar que, assim como no trabalho de Ostermaan (1999), nenhum procedimento de amostragem foi utilizado, pois entendemos que esta pesquisa assume um caráter exploratório no sentido de haver pouco ou nenhum conhecimento sobre a temática em questão. Assim como numa pesquisa exploratória, a técnica Delphi direciona-se para a constatação de informações iniciais de uma realidade a fim de que se possa formular, posteriormente, considerações ou direcionamentos sobre ela (CORRÊA; CUNHA; MUNERATO, 2013). Convém destacar que a ausência de um procedimento de amostragem - característica de uma pesquisa quantitativa - não é fator determinante para não se adotar critérios para seleção dos grupos respondentes, critérios esses que, no contexto dessa pesquisa, foram descritos anteriormente e que, no nosso entender, afere um grau de importância para a mesma mediante ao seu caráter exploratório.

Em relação aos procedimentos de coleta de dados, Ostermann (1999) fez uso da comunicação mediada por correspondência e neste trabalho utilizamos o correio eletrônico para enviar os questionários aos respondentes.

O endereço eletrônico dos pesquisadores em Ensino de Engenharia foi obtido consultando-se publicações de trabalhos da área, principalmente em Anais do Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia (COBENGE). Essa escolha foi determinada por alguns fatores, como por exemplo, as recentes pesquisas no campo do Ensino de Engenharia que ainda refletem um número restrito de pesquisadores, pois, conforme discutimos no segundo capítulo, os critérios para classificar especialistas neste grupo ainda não são nítidos e consensuais e podem estar relacionados à incipiente preocupação com o Ensino de Engenharia, de forma que o compartilhamento de experiências e pesquisas com os pares ocorre em eventos como o COBENGE.

O endereço eletrônico de professores de Engenharia foi obtido consultando-se contatos divulgados em *sites* de Instituições Públicas de Ensino Superior que ofertam cursos de Engenharia, especificamente das Universidades que constavam em Anais do COBENGE.

Quanto aos engenheiros atuantes, foram contatados presencialmente levando-se o questionário até eles. Buscamos nomes de engenheiros atuantes em diversas áreas na região de Itajubá.

4.2.1 Procedimentos para a tabulação dos dados e tipo de pesquisa

A fim de melhor organizar os procedimentos realizados em cada “rodada”, associados às tabulações que foram realizadas em cada uma delas, vamos apresentá-los de forma sistematizada nos quadros que se seguem: nos quadros 5, 6 e 7 apresentamos, respectivamente, os procedimentos para a tabulação dos dados da primeira, segunda e terceira “rodadas”.

Quadro 5: Procedimentos para tabulação na primeira “rodada”

1-	Após o envio do questionário, classificação de todas as respostas em áreas de conteúdos da Física, inclusive respostas pertinentes a situações ou recomendações relacionadas ao Ensino em Engenharia na área de “outros aspectos” ²⁵ .
2-	Divisão dos participantes em grupos de atuação computando-se a frequência das respostas de cada grupo em relação às áreas de conteúdo estabelecida.
3-	Análise discriminante para verificar se é possível correlacionar temas sugeridos por um grupo com sua área de atuação.
4-	Tabulação da frequência de todas as respostas pelo total de respondentes
5-	Tabulação dos tópicos da FMC mais mencionados pelos pesquisadores, professores e engenheiros.

Fonte: autoria própria.

Quadro 6: Procedimentos para tabulação na segunda “rodada”

1.	Feita a tabulação da primeira “rodada” com os tópicos mais sugeridos pelo total de respondentes, envio do segundo questionário para os respondentes da primeira “rodada” a fim de se posicionarem frente aos tópicos por meio de uma escala de concordância.
2.	Análise discriminante para verificar se seria possível correlacionar temas sugeridos por um grupo com sua área de atuação e tabulação da frequência das respostas de cada grupo em relação às áreas de conteúdo estabelecidas.
3.	Tabulação da frequência de todas as respostas pelo total de respondentes.

Fonte: autoria própria.

²⁵ Julgamos conveniente classificar tais informações na área de “outros aspectos” devido ao desenvolvimento de poucas pesquisas voltadas para a área do ensino na Engenharia, conforme mencionamos no segundo capítulo, de forma que o compartilhamento das investigações pode ajudar a dar direcionamentos para futuros trabalhos acerca desta temática.

Quadro 7: Procedimentos para tabulação na terceira “rodada”

1. Feita a tabulação da segunda “rodada”, foram enviados para os respondentes da segunda “rodada” duas tabelas e um questionário: uma tabela com a tabulação da segunda “rodada”, outra tabela com uma cópia de sua resposta da rodada anterior e um questionário para que os respondentes se posicionassem novamente frente aos tópicos por meio de uma escala numérica.
2. Tabulação no número de respondentes do terceiro questionário por grupo.
3. Tabulação da porcentagem das respostas para o total de respondentes após a revisão pelos sujeitos.
4. Tabulação das respostas quanto ao posicionamento dos respondentes em relação ao grau de prioridade de cada tema.

Fonte: autoria própria.

O motivo pelo qual apresentamos previamente os procedimentos metodológicos que orientaram a análise das rodadas vincula-se também à pretensão de dar direcionamentos quanto à definição do tipo de pesquisa que estamos realizando.

Como estamos tabulando as respostas e vamos analisá-las estatisticamente, por certo estamos permeando o campo da pesquisa quantitativa. Mas, em todos os momentos da pesquisa, os respondentes tiveram a oportunidade de justificar suas respostas ou fazer qualquer tipo de apontamento que julgassem relevantes. Na terceira “rodada”, os respondentes tiveram ainda a oportunidade de revisar suas respostas e argumentar a favor de seu posicionamento ante à tabulação das respostas de seus pares. Nesse sentido, entendemos que não estamos fazendo apenas um levantamento estatístico de tópicos, mas lidando com o ambiente curricular, conforme discutimos no terceiro capítulo. Mas isso já é suficiente para dizer que o método *Delphi* também associa-se à pesquisa qualitativa?

Uma das questões pelas quais a construção do conhecimento científico se pauta refere-se justamente ao papel das pesquisas. Para responder à indagação anterior, precisamos, inicialmente, situar a pesquisa e seu significado no contexto ao qual pertence e está inserida, pois, dependendo do contexto de determinada época, uma resposta para a indagação anterior não teria significado e importância de forma que o cenário social, político e econômico representam, em certa medida, os contornos pelos quais as pesquisas se pautam. Por exemplo, para Garnica (1997), as pesquisas fundamentadas no positivismo concebiam a construção do conhecimento baseado em fatos e premissas pautadas em elementos definíveis, quantificáveis, controláveis e observáveis de modo que a geração de conhecimento pautava-se estritamente

pela objetividade e cientificidade, premissas essas que garantiam a neutralidade do pesquisador.

Com o advento da pesquisa de natureza qualitativa, o cenário das pesquisas ganha um novo significado, pois não há uma preocupação unívoca e unidirecional, pautada por princípios e generalizações apriorísticas; mas interesse pela qualidade e os elementos que sejam significativos para o observador-investigador. Isso faz com que não exista neutralidade do pesquisador em relação à pesquisa porque é ele quem atribui significados, seleciona o quê do mundo quer conhecer, interage com o conhecimento e se dispõe a comunicá-lo. Também não haverá conclusões unívocas, mas uma “construção de resultados”, pois há uma preocupação maior com o processo em detrimento do produto (GARNICA, 1997).

Para Silva Filho (2006), concebendo a pesquisa qualitativa numa abordagem fenomenológica, quando o pesquisador coloca um fenômeno em suspensão para investigá-lo, a essência do que se procura em suas manifestações nunca é totalmente apreensível, mas a trajetória da procura é que possibilita compreensões por meio dos questionamentos, de forma que o elemento fundante da pesquisa qualitativa é a comunicação, pois por meio dela é que ocorre a apreensão da experiência subjetiva relacionada às manifestações do fenômeno analisado em suspensão. Nesse sentido, a comunicação se insere no plano da linguagem, que coloca a análise conduzida pela fenomenologia como abrangendo o contexto sócio-histórico no qual a pesquisa se situa.

É justamente nesse cenário que a pesquisa qualitativa se insere: possibilitando que outras faces do mundo possam ser descortinadas pelo pesquisador que interpreta e interroga por meio de convergências e divergências para compreender o que, de certo modo, é “impreciso”, dinâmico e não “quantificável”, características naturalmente subjacentes à complexidade de questões pertinentes ao ensino.

Dessa forma, analisando o contexto de nossa pesquisa, quando uma pergunta permeia questões que também não podem ser totalmente quantificáveis, aqui relacionada com o contexto curricular, as respostas dos grupos respondentes também podem ser interpretativas, de forma que também podemos classificar nosso estudo como uma pesquisa qualitativa.

Nesse sentido, esta investigação converge para os preceitos de uma pesquisa de natureza quanti-qualitativa. Apesar da clara oposição que ainda parece existir entre as duas abordagens (quantitativa x qualitativa), certos autores, especialmente os da área social, afirmam que o ideal é a construção de uma metodologia que consiga agrupar aspectos de ambas as perspectivas, como é o caso de Demo (1995, p. 231) quando afirma que “embora metodologias alternativas facilmente se unilateralizem na qualidade política, destruindo-a em

consequência, é importante lembrar que uma não é maior, nem melhor que a outra. Ambas são da mesma importância metodológica”.

4.3 A PRIMEIRA “RODADA”

Na primeira “rodada”, foi contatado o grupo respondente por *email* enviando a apresentação da pesquisa (Apêndice 1) juntamente com um *link* de acesso a um questionário elaborado utilizando-se a ferramenta do “*Google docs*” (Apêndice 2).

O *email* descrito foi enviado para:

- 161 pesquisadores em Ensino de Engenharia em atividade em grupos de pesquisa e/ou programas de pós-graduação;
- 202 professores de Engenharia em atividade em Instituições de Ensino Superior públicas;
- 15 engenheiros atuantes de diferentes áreas.

O questionário inicial enviado para os professores, pesquisadores e engenheiros foi respondido por:

- 21 pesquisadores (13%)
- 39 professores (19%)
- 14 engenheiros (93%)

O motivo da grande taxa de retorno das respostas dos engenheiros deveu-se à coleta presencial dos dados, ou seja, o questionário foi entregue para os engenheiros responderem e retornarem imediatamente ao pesquisador.

Procurando uma correspondência com o número de respondentes da pesquisa de Ostermann (1999), o questionário inicial da primeira “rodada” de sua pesquisa foi respondido por: 22 pesquisadores (71%), 22 professores (20 %) e 54 físicos (37 %).

Nesse sentido, para o âmbito deste trabalho, consideramos satisfatório o número de respondentes quando comparados ao exercício *Delphi* realizado por Ostermann (1999).

As respostas dadas pelos três grupos foram organizadas e classificadas em nove áreas para fins de clareza e apresentação dos dados: Mecânica Quântica, Estrutura da Matéria,

Física da Matéria Condensada, Mecânica Estatística e Termodinâmica, Aplicações tecnológicas, Biofísica e Meio Ambiente, Relatividade, Física Clássica e outros aspectos²⁶.

Convém ressaltar que nesse primeiro momento, não houve a preocupação em depurar os dados, mas de apresentá-los tal como foram recebidos. Nesta fase da pesquisa, tabulam-se todas as respostas, mesmo que sejam minoritárias. Assim, até temas como *Cinemática* e *Dinâmica*, por exemplo, foram incluídos na tabulação, embora não se adequem à FMC, como foi definido anteriormente. Também tabulamos respostas que classificamos na área “outros aspectos” por trazerem considerações, situações ou análises tangentes ao Ensino de Engenharia.

Para fins de tabulação dos dados, os respondentes foram organizados em 12 grupos segundo sua área de atuação (Quadro 8), sendo que o último grupo foi formado por respondentes envolvidos com o Ensino de Engenharia, pois responderam que atuavam como “professor de Engenharia” ou “pesquisador”, mas não especificam sua área de atuação.

Quadro 8: Número de participantes em cada grupo no primeiro questionário

GRUPOS	NÚMERO DE PARTICIPANTES	PORCENTAGEM DO TOTAL
1- Engenharia Elétrica	20	27%
2- Engenharia de Controle e Automação	9	12%
3- Engenharia da Computação ou Mecatrônica	8	11%
4- Engenharia Mecânica	7	9%
5- Engenharia de Produção	6	8%
6- Engenharia de Materiais	4	5%
7- Engenharia Civil	4	5%
8- Engenharia Hídrica	4	5%
9- Engenharia Química (Indústria)	2	3%
10- Engenharia Biomédica	1	1%
11- Engenharia de Petróleo	1	1%
12- Ensino e pesquisa (Engenharia)	8	11%
TOTAL	74	100%

Fonte: autoria própria.

Assim como em Ostermann (1999), computamos a frequência das respostas de cada um desses grupos em relação aos diversos tópicos das nove áreas. Em seguida, fizemos uma análise discriminante para verificar se era possível correlacionar temas sugeridos com áreas de atuação. Assim, conhecidos os temas propostos por um participante, seria possível prever com boa precisão sua área de atuação? Para responder tal indagação, tabulamos as respostas

²⁶ Buscamos classificar as respostas dos grupos respondentes conforme as áreas utilizadas por Ostermann (1999), com exceção da área de “outros aspectos”, que não é utilizada pela referida autora.

do grupo mais expressivo de participantes, ou seja, da Engenharia Elétrica. As respostas foram classificadas nas grandes áreas definidas anteriormente e por ordem decrescente de frequência, conforme Quadro 9.

Quadro 9: Tabulação das respostas do grupo de Engenharia Elétrica

ÁREA	RESPOSTAS E SUA RESPECTIVA FREQUÊNCIA
Mecânica Quântica	Princípios da Física Quântica (5), Introdução a Física Moderna (3), função de onda (3), Efeito fotoelétrico (2), radiação de corpo negro (2), princípio da incerteza (2), dualidade partícula-onda, radioatividade, modelos quânticos do átomo, a natureza da luz, fótons, princípio da incerteza e equação de Schrödinger, estados quânticos, sistemas compostos: emaranhamento, radiação térmica.
Estrutura da Matéria	Estrutura da matéria, o atomismo na Física, átomo de Bohr.
Física da Matéria Condensada	Junção metal-semicondutor (3), Física do Estado Sólido (2), bandas de energia (2), junção PN, estrutura cristalina, diodos, transistores bipolares, novos materiais.
Mecânica Estatística e Termodinâmica	Natureza probabilística.
Aplicações Tecnológicas	Fibra óptica (2), sensor ótico, nanoeletrônica, fotônica, supercondutividade, medidas em sistemas quânticos, tecnologia ultrassônica.
Biofísica e Meio Ambiente	Eletromagnetismo e sua relação com o ser humano.
Relatividade	Introdução à Teoria da Relatividade (4).
Física Clássica	Eletromagnetismo (8), eletrodinâmica (3), Óptica (2), Termodinâmica (2), ondulatória (2), análise dimensional, Mecânica Vetorial, Dinâmica, Estática, Cinemática, eletrostática, vibrações.
Outros aspectos	Aspectos históricos e filosóficos diversos, conhecimentos gerais de Física são essenciais para qualquer engenheiro, a Física Quântica é um ramo “novo” que está começando a ser utilizado para potenciais aplicações em engenharia e no futuro fará parte dos conhecimentos básicos do engenheiro, é extremamente necessário que o professor busque as conexões entre o conteúdo e suas aplicações na área de engenharia para que o estudante consiga entender a importância dentro de sua área de atuação, introdução à Física Quântica para todas as engenharias deixando clara a mudança de paradigma de valores determinísticos para probabilísticos.

Fonte: autoria própria.

Analisando-se o Quadro anterior, verifica-se que não existe relação forte entre temas sugeridos e áreas nas quais trabalham os participantes deste estudo. Devido à heterogeneidade das respostas, pode-se dizer, então, que não houve uma forte tendência de um Engenheiro Elétrico propor temas da FMC para a Engenharia que se enquadrassem especificamente em sua própria área de atuação.

Nesse sentido, optou-se por trabalhar com a frequência de respostas do total de respondentes, a qual é apresentada no Quadro 10. Pode-se constatar que a área mais sugerida

pelos participantes são temas da Física Clássica (30%), seguido de Mecânica Quântica (23%) e aplicações tecnológicas (14%).

Quadro 10: Frequência das respostas para o total de respondentes

ÁREAS	PORCENTAGEM DE RESPOSTAS	FREQUÊNCIA
Física Clássica	30%	55
Mecânica Quântica (MQ)	23%	51
Aplicações Tecnológicas	14%	20
Estrutura da matéria	10%	9
Física da Matéria Condensada	10%	18
Relatividade	9%	24
Astronomia e Astrofísica	2%	2
Mecânica Estatística e Termodinâmica	2%	2
Biofísica e Meio Ambiente	2%	1

Fonte: autoria própria.

Como nossa pesquisa está voltada para os tópicos da FMC, não vamos considerar os dados pertinentes à área da Física Clássica, mas os dados do Quadro 10 serão objeto de análises e direcionamentos no próximo capítulo.

Fazendo uma tabulação da frequência dos tópicos sugeridos e classificando-os pelos grupos respondentes, conforme Quadro 11, vemos que os tópicos mais mencionados pelos pesquisadores em Ensino de Engenharia, professores de Engenharia e engenheiros atuantes pertencem à área da Mecânica Quântica, pois os participantes sugerem uma introdução deste ramo da Física para os cursos de Engenharia sem especificar conteúdos ou temas específicos. No entanto, os tópicos mais mencionados dentro da Mecânica Quântica são: efeito fotoelétrico e princípio da incerteza seguido da área de “aplicação tecnológica” cujo tópico mais mencionado nesta área refere-se ao tema da “supercondutividade”.

Quadro 11: Tópicos mais mencionados pelos grupos respondentes

ÁREAS	PESQUISADORES (21)	PROFESSORES (39)	ENGENHEIROS (14)
Mecânica Quântica (MQ)	-Introdução a MQ (10) -Princípio da incerteza (2) -Efeito fotoelétrico (2)	-Introdução a MQ (11) - Introdução à Física Moderna (3) -Efeito fotoelétrico (3) -Princípio da incerteza (3) -Função de onda (3)	-Introdução a MQ (3) -Radiação térmica (2) -Efeito fotoelétrico (1)
Estrutura da Matéria	-Estrutura da matéria (2)	-Partículas elementares (2) -Física atômica (2) - Física nuclear (1)	Tema não sugerido
Física da Matéria Condensada	Tema não sugerido	-Física do estado sólido (5) -Junção metal-semicondutor (3)	-Resistencia dos materiais (1) -Novos materiais (1)
Astronomia e Astrofísica	-Surgimento do universo (1)	-Teoria do Big Bang (1)	-Teoria das cordas (2)
Mecânica Estatística e Termodinâmica	Tema não sugerido	-Física estatística (2) -Mecânica estatística (1)	Tema não sugerido
Aplicações Tecnológicas	Acelerador de partículas (2)	-Supercondutividade (6) -Laser (2) -Semicondutores (2)	-Nanotecnologia (2)
Biofísica e Meio Ambiente	-Ondas eletromagnéticas e sua relação com o ser humano (1)	-Física biomédica (1) -Biofísica (1)	Tema não sugerido
Relatividade	-Introdução à teoria da relatividade (1)	-Relatividade restrita (4) -Teoria relativística (2)	-Introdução à Física relativística (2)

Fonte: autoria própria.

Na primeira “rodada”, nosso objetivo foi listar todas as respostas sem preocupação de analisá-las. Nesse sentido, tais tópicos serviram de base para a tabulação e formulação dos questionários enviados nas “rodadas” procedentes.

4.4 A SEGUNDA “RODADA”

A segunda “rodada” consistiu no envio de um *email* (Apêndice 3) em que foram dadas explicações sobre a continuidade do estudo, juntamente com um *link* de acesso a um questionário (Apêndice 4) para que os respondentes se posicionassem diante de cada item por meio de uma escala de concordância com os tópicos apresentados (se concordavam ou não com sua inclusão na formação em Engenharia). A escala teve as seguintes opções:

CT = Concordo totalmente que deveria ser ensinado.

C = Concordo que deveria ser ensinado.

NO = Não tenho opinião em relação a este item.

D = Discordo que deveria ser ensinado.

DT = Discordo totalmente que deveria ser ensinado.

O *email* foi enviado para os 74 respondentes da primeira “rodada”, dentre os quais tivemos retorno de 34 respondentes, cujas respostas estão distribuídas nos grupos conforme mostra Quadro 12.

Quadro 12: Número de participantes em cada grupo no segundo questionário

GRUPOS	NÚMERO DE PARTICIPANTES	PORCENTAGEM DO TOTAL
1- Engenharia Elétrica	7	21%
2- Engenharia de Controle e Automação	5	15%
3- Engenharia da Computação ou Mecatrônica	3	9%
4- Engenharia Mecânica	0	0%
5- Engenharia de Produção	3	9%
6- Engenharia de Materiais	3	9%
7- Engenharia Civil	1	3%
8- Engenharia Hídrica	3	9%
9- Engenharia Química (Indústria)	0	0%
10- Engenharia Biomédica	1	3%
11- Engenharia de Petróleo	1	3%
12- Ensino e pesquisa (Engenharia)	7	21%
TOTAL	34	100%

Fonte: autoria própria.

Computadas as frequências das respostas por grupo, dispostas no quadro anterior, fizemos uma análise discriminante para verificar se, uma vez conhecidas as respostas dos participantes, era possível prever a qual grupo pertenciam. Verificamos que pela resposta dos participantes não era possível prever a qual grupo pertenciam, de forma que, novamente, não foi detectada uma relação significativa entre as respostas e os grupos.

Analizamos especificamente as respostas dos professores que representaram a metade das respostas do segundo questionário, conforme disposto no Quadro 13 de forma que não encontramos uma correlação significativa das respostas deste grupo.

Quadro 13: Porcentagem das respostas para cada grupo de respondentes

GRUPOS RESPONDENTES	NÚMERO DE PARTICIPANTES	PORCENTAGEM DO TOTAL
Pesquisadores	11	32%
Engenheiros	6	18%
Professores	17	50%
TOTAL	34	100%

Fonte: autoria própria

Por esses motivos, optamos trabalhar apenas com as respostas do total de respondentes, cujas porcentagens estão dispostas no Quadro 14.

Quadro 14: Porcentagem das respostas para o total de respondentes

TEMAS	CT	C	NO	D	DT
Efeito Fotoelétrico	55,6%	27,8%	13,9%	2,8%	0,0%
Função de onda	47,2%	41,7%	8,3%	2,8%	0,0%
Física do Estado Sólido	61,1%	25,0%	8,3%	5,6%	0,0%
Introdução à Mecânica Quântica	41,7%	44,4%	5,6%	5,6%	2,8%
Origem do Universo	8,3%	33,3%	38,9%	19,4%	0,0%
Princípio da Incerteza	36,1%	47,2%	11,1%	5,6%	0,0%
Partículas Elementares	30,6%	41,7%	19,4%	8,3%	0,0%
Radiação Térmica	47,2%	33,3%	16,7%	2,8%	0,0%
Radioatividade	41,7%	27,8%	22,2%	5,6%	2,8%
Semicondutor	69,4%	19,4%	8,3%	2,8%	0,0%
Supercondutores	61,1%	22,2%	16,7%	0,0%	0,0%
Teoria da Relatividade	30,6%	41,7%	19,4%	5,6%	2,8%
Física Atômica	41,7%	36,1%	11,1%	11,1%	0,0%

Fonte: autoria própria.

Constata-se que, pelo Quadro 14, os tópicos com maior grau de concordância, especificamente com porcentagem igual ou superior a 50%, foram: semicondutor, supercondutores, Física do Estado Sólido e Efeito Fotoelétrico.

4.5 A TERCEIRA “RODADA”

Na terceira e última etapa, foi enviado um *email* (Apêndice 5) para os 34 respondentes com explicações desta fase da pesquisa, juntamente com um *link* de acesso ao terceiro questionário, que consistiu em uma tabela com as respostas de cada respondente e as respostas do total de respondentes, tabulada na segunda “rodada”. Convém salientar que os questionários foram construídos e enviados individualmente de forma que cada respondente tinha um questionário particularizado, pois, na tabela, constava a sua resposta juntamente com as de seus pares (Apêndice 6).

Com a cópia de suas respostas do segundo questionário, cada respondente teve a oportunidade de revisar suas posições acessando o *link* que dava acesso ao questionário anterior, ou seja, da segunda “rodada”, que incluía um campo para que o respondente justificasse e argumentasse, caso sua resposta original fosse muito divergente do consenso. Finalmente, foi solicitado um novo posicionamento frente aos tópicos, atribuindo, dessa vez, um escore numérico (1, 2, 3, 4 e 5) para cada tópico, onde 5 representava o grau de máxima prioridade atribuída ao tema em questão para sua inclusão no ensino de Engenharia.

Dos 34 participantes do 2º questionário, 23 responderam ao 3º e último questionário. Esses participantes estão distribuídos nos grupos conforme mostra o Quadro 15. A porcentagem das respostas de cada grupo respondente está disposta no Quadro 16.

Quadro 15: Número de participantes em cada grupo no terceiro questionário

GRUPOS	NÚMERO DE PARTICIPANTES	PORCENTAGEM DO TOTAL
1- Engenharia Elétrica	6	26%
2- Engenharia de Controle e Automação	5	22%
3- Engenharia da Computação ou Mecatrônica	2	9%
4- Engenharia Mecânica	0	0%
5- Engenharia de Produção	2	9%
6- Engenharia de Materiais	2	9%
7- Engenharia Civil	1	4%
8- Engenharia Hídrica	1	4%
9- Engenharia Química (Indústria)	0	0%
10- Engenharia Biomédica	0	0%
11- Engenharia de Petróleo	1	4%
12- Ensino e Pesquisa (Engenharia)	3	13%
TOTAL	23	100%

Fonte: autoria própria.

Quadro 16: Porcentagem das respostas para cada grupo de respondentes

GRUPOS RESPONDENTES	NÚMERO DE PARTICIPANTES	PORCENTAGEM DO TOTAL
Pesquisadores	8	35%
Engenheiros	4	17%
Professores	11	48%
TOTAL	23	100%

Fonte: autoria própria.

Feita uma análise discriminante e, mais uma vez, constatamos que não existe uma relação significativa entre as respostas dadas e o grupo a que pertencem os participantes.

Como foi mencionado anteriormente, nesta etapa da pesquisa os participantes podiam revisar suas posições. Nesse sentido, nenhum participante revisou suas respostas.

Quanto aos resultados do posicionamento dos respondentes em relação ao grau de prioridade de cada tema, foi possível organizar um quadro (Quadro 17) com as médias obtidas para cada tema. O número de respondentes foi de 23 e o quadro apresenta a soma dos escores obtidos para cada tema com as suas respectivas médias pelo total de respondentes em ordem decrescente de prioridade.

Quadro 17 – Tópicos em ordem decrescente de prioridade do 3º questionário

TEMAS	SOMA DOS ESCORES	MÉDIA
Física do Estado Sólido	102	4,43
Semicondutor	100	4,35
Função de onda	93	4,04
Efeito fotoelétrico	92	4,00
Supercondutores	92	4,00
Radiação Térmica	87	3,78
Radioatividade	87	3,78
Partículas Elementares	83	3,61
Introdução à Mecânica Quântica	82	3,57
Princípio da Incerteza	82	3,57
Teoria da Relatividade	81	3,52
Física Atômica	81	3,52
Origem do Universo	64	2,78

Fonte: autoria própria.

De acordo com o Quadro 17, o tópico “Física do estado sólido” foi o de maior prioridade para os participantes, e à “Origem do universo” foi atribuído o menor grau de prioridade. A prioridade máxima correspondia ao escore 5, e a mínima, ao escore 1.

Comparando com o questionário da segunda “rodada”, cujos temas de maior concordância foram: Semicondutor, Supercondutores, Física do Estado Sólido e Efeito Fotoelétrico, verifica-se uma convergência no estabelecimento de um consenso em torno de tais temas. Apenas a prioridade para o tema “Função de onda” se difere do segundo questionário.

Neste capítulo, apresentamos os resultados obtidos com as respostas dadas por engenheiros, professores de Engenharia e pesquisadores envolvidos com a área de Ensino de Engenharia valendo-nos da técnica *Delphi* realizada em três “rodadas”. Essa metodologia procurou identificar quais tópicos da FMC poderiam ser ensinados na Engenharia no contexto das inovações curriculares neste nível de ensino.

No próximo capítulo, vamos delinear alguns direcionamentos para os resultados deste capítulo, principalmente relacionados ao contexto das inovações curriculares e das pesquisas direcionadas ao ensino de Engenharia, mas também vinculadas ao perfil à formação do engenheiro.

CAPÍTULO 5 – ANÁLISES E DIRECIONAMENTOS

Neste capítulo apresentaremos alguns direcionamentos pertinentes à pesquisa com análises das “rodadas” retomando alguns conceitos desenvolvidos nos capítulos precedentes. Para melhor organização, dividimos as análises em suas partes: uma referente à primeira “rodada” e outra referente à segunda e terceira “rodadas”.

Para preservar o anonimato e apresentar a resposta de um entrevistado na análise, utilizamos as seguintes siglas: PR, PE ou EN, que significam, respectivamente, que o respondente pertence ao grupo dos professores, pesquisadores ou engenheiros. Também numeramos os respondentes em ordem crescente para identificá-los do início ao fim da pesquisa. Assim, por exemplo, PR13 refere-se ao professor número 13.

5.1 ANÁLISE DA PRIMEIRA “RODADA”

Retomando os procedimentos metodológicos da primeira “rodada”, nesta fase tabulamos todas as respostas dos respondentes sem uma preocupação por pressupostos teóricos que poderiam estar envolvidos na depuração dos dados. Referente à tabulação desta “rodada”, vamos analisar três aspectos dos dados obtidos: o resultado referente aos tópicos mais sugeridos pertencerem à Física Clássica; considerações sobre a área dos “outros aspectos”²⁷ e a natureza dos tópicos da FMC mais sugeridos pelos respondentes. Para isso, retomaremos alguns conceitos desenvolvidos no primeiro capítulo relacionados às considerações sobre a ambiguidade evidenciada pela tecnologia associada à engenharia e ao perfil de engenheiro tecnólogo da teoria bungeana, especificamente referente à formação e atuação do engenheiro. Também retomaremos nesta parte da análise alguns conceitos desenvolvidos no terceiro capítulo, pertinente às teorias do campo curricular, principalmente com direcionamentos relacionados às inovações curriculares na Engenharia estabelecendo um paralelo dos resultados encontrados nesta pesquisa com alguns trabalhos que investigam questões relacionadas à inserção da FMC neste nível de ensino.

²⁷ Conforme mencionamos anteriormente, a área referente à “outros aspectos” refere-se às justificativas ou comentários que os respondentes fizeram além de sugerirem tópicos da FMC a serem ensinados na Engenharia.

5.1.1 Respostas direcionadas para a Física Clássica

Analisando-se o Quadro 10 da primeira “rodada”, a área que se destacou com maior número de sugestões de tópicos da FMC que poderiam ser inseridos na Engenharia situa-se no campo da Física Clássica. Esse resultado apresenta indicativos que a maioria dos entrevistados, por alguma razão que nosso estudo não diagnosticou devido à delimitação da pesquisa, não demarca claramente quais conceitos pertencem à área da FMC ou não. Esse resultado pode ser decorrente de muitos e complexos fatores, como por exemplo: natureza da formação nos conteúdos da Física na Engenharia, atuação do engenheiro em áreas que não lidam imediatamente com este ramo da Física, questões didáticas envolvendo o ensino da Engenharia, questões políticas e curriculares das Instituições de Ensino Superior ou dos documentos oficiais. Tais exemplos indicam que estamos diante de um ambiente complexo por se tratar do campo curricular, não havendo espaços para conclusões imediatas ou simplistas, evidenciando, inclusive, a possibilidade de se investigar tais questões em outros trabalhos.

Como direcionamos uma pergunta sobre quais tópicos da FMC poderiam ser ensinados na Engenharia para grupos respondentes, que, em sua maioria, atuam na área da Engenharia (conforme demonstra o Quadro 8) e o resultado convergiu para temas relacionados com a área da Física Clássica, há indicativos de que as respostas estejam em consonância com a área de formação e/ou de atuação dos respondentes, cujos motivos podem ter direcionamentos que, no âmbito deste trabalho, serão explicitados. Vale ressaltar que vamos buscar interpretar o resultado da primeira “rodada”, pertinente a maior parte das respostas remeterem à área da Física Clássica, somente à luz da área de atuação e formação do engenheiro, de forma que outras questões poderiam ser objeto de estudos e análises em trabalhos futuros.

Em um primeiro plano, há indicativos de que as respostas dos engenheiros se relacionam com questões pertinentes à sua formação porque algumas pesquisas, como em: Perfolli e Rezende Junior (2006); Cunha *et al.*, (2008); Lemes, Rezende Junior e Chiarello (2009) e Lemes, Rezende Junior (2011) indicam uma tímida presença da FMC nas estruturas curriculares dos cursos de Engenharia. Associado a esse fator, também não são especificados nas DCNCE quais conteúdos inserir na estrutura curricular de determinado curso. Nesse sentido, o resultado apresenta indícios de que a Física Clássica está mais presente na formação dos engenheiros, pois são os temas dessa área que eles mais associam com a Física de um

modo geral, não evidenciando uma demarcação conceitual ou histórica pertinente a esta área do conhecimento. Não queremos generalizar no sentido de adotar uma postura conclusiva mencionando que os cursos de Engenharia estão ultrapassados ou defasados por não ensinarem aos graduandos conceitos da FMC. Pautamos por uma postura investigativa no sentido de chamar atenção para o que as pesquisas estão indicando, pois, se há uma tímida presença da FMC nas estruturas curriculares dos cursos de Engenharia, parece que uma consequência estaria relacionada com a dificuldade dos egressos em se expressarem sobre conceitos pertinentes a essa área da Física.

Essa questão vem ao encontro de indagações pertinentes à composição do currículo dos cursos de Engenharia, pois, como não são especificados nas DCNCE quais conteúdos da Física inserir na estrutura curricular de um determinado curso, as universidades possuem certa autonomia para essa composição. Quando olhamos para esse cenário, vemos que tais questões estão relacionadas com a complexidade do campo curricular, pois cada IES certamente tem um contexto pelo qual a escolha de conteúdos é legitimada, contexto este condizente, por exemplo, com os propósitos da IES; com os objetivos da formação profissional e da atuação no contexto do mercado de trabalho; com os condicionantes políticos estabelecidos em parcerias com empresas; com as regulações propostas pelos Conselhos de Engenharia; com as políticas públicas ou privadas que podem financiar pesquisas etc. Uma investigação mais aprofundada que caminhe nesta direção seria uma temática interessante a ser tratada em trabalhos futuros.

Ressaltamos que não estamos limitando nossa análise a apontar que a formação do engenheiro, de um modo geral, é deficiente apenas pelo fato de a maioria deles, do universo desta pesquisa, não ter apresentado uma resposta satisfatória, do ponto de vista da adequação dos conteúdos às diferentes áreas da Física. No entanto, advertimos que, para o contexto de uma pesquisa, este resultado certamente indica algo e torna-se, inclusive, objeto de investigação.

Em relação à pergunta da primeira “rodada”, sobre quais tópicos da FMC inserir no ensino de Engenharia, EN2, por exemplo, menciona que: *“pelo menos para o curso de Engenharia da Computação, acredito que a nanotecnologia deveria ser melhor abordada. Meu TCC [Trabalho Final de Graduação] foi baseado em nanofotônica e muitos conceitos eu tive que buscar por não ter visto durante o curso”*.

Além de questões pertinentes à formação do engenheiro, sobretudo envolvendo o ensino da FMC nos cursos de Engenharia, também constatamos uma tímida atuação desses profissionais em áreas que envolvem a construção ou inovação tecnológica. Reconhecemos

que esta análise pode ter limitações quanto ao universo da pesquisa, como também por uma possível falta de especificação do respondente sobre seu campo de atuação em uma determinada área. No entanto, queremos chamar atenção para a multiplicidade das áreas de atuação do engenheiro. Os dados também indicam uma pequena correspondência entre área de formação e área de atuação profissional. A título de exemplo, vamos apresentar algumas respostas no Quadro 18.

Quadro 18: Dados de alguns respondentes quanto à área de formação e atuação

Respondente	Área de formação	Área de atuação
PR4	Engenharia Elétrica	Microeletrônica
PR5	Engenharia Eletrônica	Engenharia Biomédica
PR2	Engenharia Mecânica	Engenharia de Produção
PR10	Engenharia Eletrônica	Ciência da Computação
PE7	Engenharia Elétrica	Sistema de controle, Automação e Robótica
PE1	Engenharia Civil	Engenharia de Materiais
PE5	Engenharia Química	Engenharia de Produção
EN7	Engenharia Hídrica	Projetista de infraestrutura
EN13	Engenharia Elétrica	Energia
EN12	Engenharia Elétrica	Regulação econômica

Fonte: autoria própria.

Essa temática da formação e da atuação do engenheiro que estamos analisando vem ao encontro dos resultados e considerações do trabalho realizado por Souza (2014), que envolveu entrevistas com engenheiros atuantes e formadores, cuja análise constatou os seguintes pontos-chave:

- Perfil do profissional engenheiro: Formação de múltiplos enfoques que o mercado de trabalho requisita, mas com uma maior prioridade para aspectos que nem sempre se relacionam com a formação científica, como por exemplo, a formação técnica e operacional. Essa constatação pode indicar o motivo pelo qual não se vê necessidade de aprofundar mais a formação científica dos estudantes, inclusive relacionada à inserção de conteúdos da FMC na Engenharia.
- Desenvolvimento de tecnologias: O Brasil possui uma clara tradição de importação e adaptação de tecnologias, ficando em segundo plano o investimento para que se

desenvolvam produtos no país. Apesar de investimentos nos setores da nanotecnologia e semicondutores, o investimento ainda é muito discreto se comparado com outros países. Esse é um fator que contribui para a discreta presença da FMC na estrutura curricular dos cursos de Engenharia. Metade dos engenheiros que atuam em indústrias, assim como mais da metade dos formadores, mencionou que só há necessidade de conhecimentos da FMC em algumas áreas, especificamente em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), de forma que para os demais casos tais conhecimentos tornam-se dispensáveis, até mesmo para os futuros profissionais conhecerem o que está por trás do desenvolvimento tecnológico.

- FMC na atuação dos engenheiros: Por meio das entrevistas, percebeu-se a pouca presença da FMC na atuação dos profissionais, de forma que alguns entrevistados deixam claro que lidar com esses conhecimentos é para poucos, ou seja, para áreas muito específicas, especialmente de desenvolvimento tecnológico. Grande parte dos profissionais trabalha com aspectos mais técnicos ou administrativos e gerenciais. Pelas entrevistas, constatou-se também que, apesar dos engenheiros tratarem muitas tecnologias como “caixas pretas”, isso não se torna um problema ou desqualifica o trabalho desses profissionais, de forma que a maior preocupação reside em como utilizar, da melhor maneira possível, determinada tecnologia ou como desenvolver outros produtos com tecnologias já prontas.

Entendemos que tais considerações são bastante significativas no sentido de apresentar direcionamentos para uma realidade pouco explorada por pesquisas voltadas para o ensino da Engenharia. Dessa forma, pretendemos caminhar na direção de discutir alguns pontos desta pesquisa que convergem para os resultados obtidos por Souza (2014).

Assim como constatamos em nossa pesquisa, quanto à área de atuação do engenheiro, Souza (2014) também verificou que este profissional possui uma formação de múltiplos enfoques que o possibilita atuar em diversos setores do mercado de trabalho e assumir diversas funções, que, necessariamente, não estão ligadas à sua formação inicial ou ao desenvolvimento de artefatos tecnológicos.

Esse aspecto também se torna objeto de reflexão se pensarmos sobre a atuação dos engenheiros para o desenvolvimento de tecnologias, sendo esta uma de suas atribuições vinculadas ao perfil de contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico, sem especificação de uma área de formação, embora se reconheça que determinados cursos estão mais “próximos” ou direcionados à P&D.

Nesse sentido, embora a atuação do engenheiro seja abrangente, quando analisamos as DCNCE, os relatórios ou pesquisas que mencionam o papel e o perfil do engenheiro, não identificamos uma especificação sobre qual curso de Engenharia ou área está mais associada com o desenvolvimento de tecnologias, o que pode indicar que esta atividade perpassa diretamente a Engenharia de um modo geral.

Julgamos também relevante questionar essa “regulação” curricular pertinente ao contexto do mercado de trabalho buscando possíveis paralelos entre a questão da inovação curricular na Engenharia e as inovações tecnológicas. Entendemos que o fato do mercado de trabalho nem sempre requisitar um profissional com formação científica voltada para a área de atuação do futuro engenheiro, que, inclusive, nem sempre envolve conhecimentos da FMC dado aos múltiplos enfoques de sua formação, não poderia ser uma justificativa ou fator condicionante para não se inserir a FMC nos cursos de Engenharia. Em outro plano, evidenciamos que a formação refere-se a uma das dimensões necessárias para o desenvolvimento de artefatos tecnológicos, temática esta que envolve múltiplos fatores, que vão desde questões institucionais – como por exemplo, relacionados à composição curricular, à infraestrutura ou aos recursos humanos – até questões pertinentes ao contexto político, econômico e social frente às exigências do perfil de atuação do engenheiro.

Essa constatação pode se relacionar com alguns pontos discutidos pelo Observatório da Inovação e Competitividade (OIC, 2011) no Relatório EngenhariaData, principalmente no que se refere ao novo papel do engenheiro na sociedade brasileira frente às mudanças nos padrões de crescimento, com suas demandas de desenvolvimento sustentável e solicitações correlatas de progresso econômico, justiça social e preservação do meio ambiente.

A capacidade de inovação é, nesse contexto, motor e diferencial da economia, vetor decisivo para as transformações sociais e a sustentabilidade. Nesse ambiente, somam-se às funções tradicionais do engenheiro os novos atributos solicitados pelas novas conjunturas. Ele deve, durante toda a sua vida profissional, gerar, dominar e empregar tecnologias, em vista da produção de bens e serviços que atendam, oportunamente, às necessidades da sociedade, com qualidade e custos apropriados; deve desenvolver uma visão de conjunto das questões que desafiam o seu tempo; deve aprender a avaliar os problemas e a construir, com muitas outras disciplinas, as soluções adequadas; deve tratar com desenvoltura todas as facetas da inovação; deve se qualificar para a prática da engenharia com responsabilidade social. Avaliar esse novo lugar da Engenharia e construir estratégias eficazes para suas ações nesse novo tempo exigem um conhecimento profundo e abrangente em múltiplas dimensões (OBSERVATÓRIO DA INOVAÇÃO, 2011, p.4).

Nesse sentido, a atribuição deste novo perfil de engenheiro não se limita a um determinado curso, ainda que algumas áreas estejam aparentemente mais “próximas” de alcançá-lo. Queremos apontar que esse conhecimento profundo, em múltiplas dimensões, de

que o engenheiro necessita, refere-se, inclusive, à formação científica, formação esta que vise, principalmente, ao domínio de conhecimentos elementares que possibilitem a inovação e desenvolvimento de tecnologias modernas. Neste trabalho, assinalamos que a FMC refere-se a uma parcela desses conhecimentos elementares que a construção de novas tecnologias pode demandar.

Salientamos que este papel de engenheiro, que envolve também a formação científica para a inovação tecnológica, relaciona-se com o perfil de engenheiro tecnólogo da teoria bungeana, no sentido de estar vinculado a uma formação que possibilite transitar conceitualmente pelas áreas da ciência básica, ciência aplicada e tecnologia (CB, CA, T). Olhando para área da ciência básica, destacamos a gênese da FMC e de seus profundos imbricamentos com a ciência aplicada e a tecnologia. A título de exemplo, pode-se mencionar que o campo de produção das pesquisas para o desenvolvimento de um novo produto ou material situa-se na área da ciência aplicada, uma zona intermediária entre a ciência básica e a tecnologia, e a produção (invenção) desse novo material, que na maioria das vezes é patenteado, situa-se, predominantemente, na área da tecnologia. Convém ressaltar que na busca por um resultado prático, quando um conhecimento útil torna-se um artefato, um produto baseado na eficiência, passa a situar-se na área da tecnologia.

Convém destacar, ainda, que as áreas da tríade CB, CA, T se relacionam mutuamente de forma que, do ponto de vista epistemológico, a construção do conhecimento pertinente à área da tecnologia parece não ocorrer de forma isolada, mas em íntima relação com a ciência básica e ciência aplicada. Quando a atividade de um agente se limita a um saber-fazer restrito à área da tecnologia, sem nenhuma relação com as demais áreas da tríade, sua atividade recai no tecnicismo, ou seja, com base na teoria bungeana, incorre-se no perigo de limitar a atitude do tecnólogo para a criação de artefatos a um algoritmo, a uma sequência lógica baseada apenas em esquemas não fundamentados na natureza e no método do conhecimento científico que originou tal artefato. Isso faz com que o tecnólogo tenha apenas uma atitude técnica perante a tecnologia contentando-se em manipular “caixas pretas”, ou seja, sem se preocupar com o funcionamento interno dos sistemas artificiais e artefatos que pretende modificar.

No entanto, reconhecemos que muitas atividades da Engenharia, com sua diversidade de cursos, situam-se no plano da técnica, ou seja, nem todo saber-fazer requer uma atividade que envolva, necessariamente, o desenvolvimento de artefatos tecnológicos, mas também o manuseio deles. Seria até mesmo ingênuo falar que toda atividade do engenheiro envolve somente a construção de artefatos tecnológicos. Neste trabalho, os dados permitem direcionar questionamentos sobre o fato de os agentes responsáveis pelo “fazer tecnologia” se limitarem

somente à atividade técnica, o que parece não ser suficiente para que o discurso da inovação e do desenvolvimento tecnológico se efetive. A esse respeito, Souza (2014) indica que os engenheiros reconhecem a tradição da importação e adaptação de tecnologias de forma que os investimentos não são suficientes para que se desenvolvam produtos no país.

Quando tratamos da formação do engenheiro visando ao desenvolvimento tecnológico, incorremos numa questão que merece um olhar que possibilita conceber a tecnologia por um prisma filosófico, principalmente no âmbito de entender a gênese da Engenharia buscando compreender as relações entre Ciência, Técnica e Tecnologia.

A primeira constatação refere-se à complexidade inerente à Tecnologia não entendida apenas como uma aplicação da Ciência ou da técnica acrescida de conhecimento científico, ou ainda apenas como resultado de uma continuidade histórica da intervenção do homem na natureza visando a satisfazer suas necessidades, conforme indica a teoria orteguiana. Nesse sentido, entendemos que considerar a Tecnologia como uma atividade complexa e ambígua remete para o entendimento de que o seu desenvolvimento, em sua relação com a Ciência e a técnica, não é neutro e cumulativo, como se estivesse restrito a uma visão clássica herdada das bases do positivismo (GARNICA; 1997); que concebe a Ciência e a Tecnologia desvinculadas dos interesses de um determinado contexto histórico, político ou econômico, ou então desvinculadas de opiniões ou valores sociais (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003). Contrapondo essa visão clássica das relações entre Ciência e Tecnologia, podemos direcionar os estudos a partir do enfoque CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), cujos pressupostos:

[...] buscam compreender a dimensão social da ciência e da tecnologia, tanto desde o ponto de vista de seus antecedentes sociais como de suas consequências sociais e ambientais, ou seja, tanto no que diz respeito aos fatores de natureza social, política ou econômica que modulam a mudança científico-tecnológica, como pelo que concerne às repercussões éticas, ambientais ou culturais dessa mudança (BAZZO; LINSINGEN; PEREIRA, 2003, p. 125).

Não queremos aprofundar esta temática, mas acenamos para um cenário positivo quanto ao desenvolvimento de trabalhos que abordam o enfoque CTS na Engenharia como, por exemplo, em: Linsingen (2002); Bazzo (2002); Menestrina (2008); Dias e Serafim (2009); Domingos *et al.* (2013); Menestrina e Bazzo (2008); Jacinsk e Linsingen (2011). Salientamos que a perspectiva CTS na Engenharia vem ao encontro de uma concepção que aborda a Tecnologia em sua dimensão ampliada e complexa, abordagem sobre a qual discorreremos quando situamos a Tecnologia no plano filosófico.

Foi justamente com a preocupação de acenar para uma reflexão no plano da Tecnologia, inclusive situando-a numa dimensão ampliada, não reduzida ao tecnicismo

neutro, linear e cumulativo, que voltamos nosso olhar para a Filosofia da Tecnologia, pois não estamos alimentando uma concepção positivista no sentido de incitar o desenvolvimento tecnológico inconsequente, acrítico, pautado numa ideia linear de progresso desconsiderando os fatores e os contextos sociais que também influenciam no desenvolvimento da ciência e tecnologia. Concebemos que a tecnologia possui uma dimensão humana e cultural, traduzindo-se num modo de vida que possui profundas implicações pertinentes à organização social, aliando-se, inclusive, a questões políticas e econômicas subjacentes a uma nação.

Quando nos referimos à implementação de políticas e programas de incentivo ao desenvolvimento científico e tecnológico, entendemos que a formação de profissionais para atuarem no campo da criação de artefatos tecnológicos necessita convergir para um desenvolvimento em que a tecnologia assuma uma dimensão complexa e humana, uma formação que contemple a perspectiva CTS e esteja em consonância com as demandas e responsabilidades das implicações sociais, ambientais e mesmo éticas das proposições deste profissional.

5.1.2 Considerações sobre a área dos “outros aspectos”

Retomando os dados de nosso estudo, iniciamos a discussão sobre a área dos “outros aspectos”. Queremos apresentar algumas respostas dos participantes desta pesquisa na primeira “rodada” que se relacionam com questões referentes ao ensino na Engenharia, principalmente pertinentes a algumas situações didáticas vivenciadas pelos respondentes. O motivo da criação dessa área no estudo justifica-se pela liberdade que os participantes tinham nesta “rodada” de fazer considerações que julgassem relevantes.

A preocupação com a formação científica dos agentes responsáveis pela inovação tecnológica, principalmente do engenheiro, perpassa o contexto do campo curricular, conforme já afirmamos. Além disso, algumas indefinições pertinentes às inovações curriculares parecem não ser consensuais entre os agentes envolvidos com o campo curricular. Tais indefinições referem-se, dentre outros aspectos, à escolha dos conteúdos a serem contemplados pelo currículo. Esse cenário evidencia as relações de poder intrínsecas ao campo curricular de forma que o contexto de uma inovação no âmbito do currículo prescrito oficialmente por meio de políticas verticalizadas, sem considerar a construção do currículo por agentes envolvidos direta ou indiretamente neste, pode gerar alguns problemas. Um deles

é o descompasso entre o que é proposto e as múltiplas realidades inerentes à complexidade do contexto onde o currículo acontece.

Conforme aponta Gimeno Sacristán (2000), diante dos múltiplos agentes que compõem o campo curricular, o primeiro destinatário do currículo é o professorado. Nesse sentido, quando uma inovação curricular desconsidera a participação dos agentes que a compõem, corre-se o risco de ocultar “vozes” de agentes que vão, de fato, estar em contato e caminhar para a concretização de uma determinada proposta, ou seja, agentes que vão fazer a “transposição” do currículo oficial para o currículo real (GARCIA, 2007).

Nesse sentido, quando perguntamos quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos na Engenharia para professores de Engenharia, pesquisadores e engenheiros atuantes, encontramos divergências e convergências nas respostas, o que parece natural devido ao caráter complexo e “tensionado” do currículo, envolto também por relações de poder. A título de exemplo, queremos apresentar algumas respostas que reconhecem a importância de se inserir tais conteúdos em qualquer curso de Engenharia, “vozes” estas que nem sempre são levadas em consideração em processos decisórios no âmbito do currículo oficial.

Na resposta de EN14 constatamos: *“As inovações tecnológicas estão inseridas em nossa vida cotidiana e são (sic), principalmente, nas escolas de engenharia que elas são desenvolvidas. Portanto, é inconcebível um curso de engenharia sem o ensino da Física Moderna. A Mecânica Quântica e a Teoria da Relatividade são conteúdos indispensáveis em qualquer curso de engenharia, com aprofundamentos diferenciados dependendo do curso (Elétrica, Comunicações, Civil etc.)”*.

Verificamos que a resposta de PE2 também possui esse direcionamento relacionado com a indagação de nossa pesquisa sobre quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos na Engenharia: *“Princípios da Física Quântica e Princípios da Teoria da Relatividade. Entendo que não é necessário o aprofundamento, mas creio que todo engenheiro deve compreender os princípios gerais dessas teorias”*.

PR34 também menciona: *“para todas as engenharias, uma introdução à Física Quântica: radiação de corpo negro, efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, princípio da incerteza de Heisenberg, complementaridade, dualidade onda/partícula, deixando claro nessa introdução a mudança de paradigma para probabilidades no lugar de valores determinísticos”*.

Verificamos que, apesar dos respondentes situarem-se em grupos distintos, suas respostas apresentam pontos de convergência. Em contrapartida, também existem respostas que evidenciam pontos de divergência. PR1, por exemplo, menciona que: *“Essa resposta é*

bem relativa, pois ainda que eu ministre o curso para engenharia mecânica esses alunos podem vir a atuar na área de materiais. E esses tópicos são essenciais [ótica, cinemática, átomos e estado da matéria, física atômica e Dinâmica]. Mas não existirá um bom engenheiro sem conhecimento de matemática, física e química”.

Isso evidencia que esta pesquisa não se limitou a um levantamento estatístico de tópicos da FMC que poderiam ser inseridos na Engenharia. Os pontos de convergências e divergências das respostas assinalam que estamos permeando o campo curricular deste nível de ensino, complexamente determinado por múltiplos agentes que o compõem. Nesse sentido, evidenciamos que a questão das inovações curriculares parece requerer um processo em sua formulação e implementação que busque um diálogo entre as esferas do currículo prescrito oficialmente e as do currículo real, sobretudo envolvendo a prática pedagógica e *práxis* docente. Diante disso, entendemos que não estamos apenas propondo a inserção de conteúdos da FMC no currículo da Engenharia defendendo a construção e implementação de propostas curriculares oficiais que caminhem nessa direção, mas questionando os processos decisórios no âmbito do currículo oficial e assinalando também para a importância de se considerar o processo de construção de uma proposta curricular, buscando minimizar futuros “descompassos” entre currículo oficial e real.

Quando situamos a problemática das inovações curriculares no plano das teorias curriculares tradicionais, críticas ou pós-críticas, encontramos um cenário que merece discussão, principalmente de qual ou quais delas podem fundamentar tal inovação.

Conforme aponta Castro (2010), o cenário atual no qual o engenheiro atua demanda o uso intensivo da Ciência e Tecnologia de forma que o próprio conceito de qualificação profissional vem se alterando ao longo da história, qualificação essa associada não apenas à dimensão técnica, tecnológica e científica, mas também à dimensão humanística no sentido de considerar os problemas em sua totalidade, em sua inserção numa cadeia de causas e efeitos de múltiplas dimensões que perpassam por questões sociais, econômicas, culturais e ambientais.

Dentro deste mesmo cenário de mudanças na formação e perfil de Engenheiro, as teorias do currículo também evoluíram passando das teorias tradicionais às críticas e, posteriormente, das teorias críticas às pós-críticas. Essa evolução, contudo, não é linear ou cumulativa, mas característica de um processo em que o contexto histórico, social, político e econômico se imbricam. Não pretendemos fazer um resgate histórico associado aos fatores que modificaram ou proporcionam a desenvolvimento de diferentes teorias curriculares. Neste momento, vamos apenas retomar alguns pontos das referidas teorias curriculares - teoria

tradicional, teoria crítica e a teoria pós-crítica - para direcionarmos considerações às inovações curriculares no âmbito dessa pesquisa.

As teorias tradicionais constituíram, segundo Silva (2002), uma reação ao currículo clássico humanista pautando-se por princípios da “administração científica”, que aferia uma base tecnicista de ensino, aprendizagem, avaliação, metodologia, didática, organização, planejamento e eficiência, sobretudo “para fazer o currículo ser eficiente a fim de transformar os estudantes em trabalhadores qualificados para o bom desempenho econômico” (GESSER, 2012, p. 74). Nas teorias críticas questiona-se como são construídos os saberes escolares, apontando para a existência dos currículos ocultos, para a ideologia implicada na reprodução cultural de determinadas classes. Nessa direção, Silva (2002) destaca que as teorias de Michael Apple, por exemplo, foram de extrema importância para o desenvolvimento das teorias críticas ao indagar o porquê de determinados conteúdos fazerem parte do currículo e não outros, ou então de quem seria o conhecimento selecionado e reproduzido e quais os interesses sociais que eles representam questionando, assim, a impossibilidade de se ter um currículo neutro e desinteressado conforme enfatizava as teorias tradicionais. Por sua vez, as teorias pós-críticas fundamentam-se nas questões pertinentes à formação da identidade do sujeito respeitando-se suas diferenças culturais, sua subjetividade associada à representação cultural de gênero, raça, etnia e sexualidade.

Embora o desenvolvimento das teorias curriculares tenham acontecido ao longo da história, julgamos pertinente indagar se as reformas curriculares direcionadas para a Engenharia relacionam-se com elementos das teorias tradicionais, críticas ou pós-críticas. Essa temática é ampla de forma que não vamos aprofundá-la, pois não o objetivo de nosso trabalho.

Castro (2010) menciona que nas DCNCE o antigo conceito de currículo, entendido como grade curricular que formaliza a estrutura de um curso de graduação, foi substituído por um conceito bem mais amplo. Nesta nova definição de currículo, destacam-se três elementos fundamentais: enfatiza-se o conjunto de experiências de aprendizado que do estudante que vai muito além das atividades convencionais de sala de aula, apresenta o conceito de processo participativo em que o aprendizado só se consolida se o estudante desempenhar um papel ativo de construir o seu próprio conhecimento e, por último, a possibilidade de novas formas de estruturação dos cursos abrindo-se a possibilidade para a implantação de experiências inovadoras de organização curricular mediante a autonomia que as Universidades possuem para compor a grade curricular dos cursos de Engenharia.

Não podemos esquecer que este novo conceito de currículo mencionado anteriormente situa-se no plano do currículo oficial. Mas, e quanto ao currículo real? A concepção ampliada de currículo perpassa também pela práxis docente. Nesse sentido, segundo Moreira (1998), tanto no Brasil como nos Estados Unidos, há um grande distanciamento entre o que efetivamente vem acontecendo nas escolas e que vem sendo desenvolvido nas produções teóricas sobre currículo pela academia. Embora tenham surgido muitas proposições críticas e renovadoras, estas ainda representam experiências isoladas no contexto educacional, de forma que as escolas normalmente permanecem voltadas para os fundamentos reconhecidos como concepção tradicional de currículo, representante de uma, perspectiva acadêmica e tecnicista (Moreira, 1990).

Na esteira das discussões sobre reformas curriculares na Engenharia, podemos questionar se o currículo real não se volta também para os fundamentos das teorias tradicionais, ainda que o discurso do currículo oficial apresente perspectivas das teorias críticas e pós-críticas. Por isso julgamos relevante investigar também agentes que fazem parte do currículo entendendo-o como um campo complexo e tensionado, como um processo envolvendo a multiplicidade de relações em diversos âmbitos, desde sua prescrição pelo currículo oficial até às práticas pedagógicas, questões essas evidenciadas em algumas respostas dos sujeitos de pesquisa deste trabalho.

Consideramos que as discussões no campo curricular pertinente às inovações curriculares voltadas para a Engenharia revelam-se como uma importante temática para ser trata em trabalhos futuros.

5.1.3 Natureza dos tópicos da FMC mais mencionados

Quanto ao plano de nossa análise referente à natureza dos tópicos mais mencionados, ao analisarmos o Quadro 11, verificamos que estes se situam nas áreas da “Mecânica Quântica” e da “aplicação tecnológica”. Nesse sentido, alguns trabalhos (SILVA, SAMPAIO, FONSECA, 2011; RODRIGUES, PIETROCOLA, PIQUEIRA, 2012; GRECA, MOREIRA, HERSCOVITZ, 2001; GRECA, HERSCOVITZ, 2005) além reconhecerem a Mecânica Quântica como uma teoria que inaugurou uma nova forma de se compreender o mundo instaurando novas bases nas quais o desenvolvimento científico e tecnológico se assentam, inclusive com possibilidades inegáveis para o desenvolvimento de novos materiais na fronteira do conhecimento, também convergem para proposições de sequências didáticas de

tópicos da Mecânica Quântica visando, inclusive, à formação de engenheiros para atuarem consoante ao desenvolvimento científico e tecnológico.

5.2 ANÁLISE DA SEGUNDA E TERCEIRA “RODADAS”

Nesta segunda parte do capítulo, analisaremos os tópicos mais sugeridos e que convergiram para um consenso entre os respondentes, especificamente no que se refere às implicações desses tópicos mais sugeridos para o cenário do desenvolvimento científico e tecnológico do Brasil, questões estas que envolvem, além da formação e qualificação de agentes envolvidos com a Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) para a inovação tecnológica, o contexto político e econômico de uma nação.

Na segunda “rodada”, constatamos que, pelo Quadro 14, os tópicos com maior grau de concordância, especificamente com porcentagem igual ou superior a 50%, foram, nessa ordem: Semicondutor, Supercondutores e Física do Estado Sólido.

Um dado que julgamos relevante é que praticamente 50% dos respondentes da primeira “rodada” responderam o segundo questionário, o que representa uma significativa taxa de retorno, mas nenhum deles justificou suas respostas ou fez comentários nesta fase da pesquisa.

Na terceira “rodada”, também identificamos uma alta taxa de retorno dos respondentes: 67% do total dos participantes da segunda “rodada” responderam o terceiro questionário. No entanto, constatamos que nenhum deles revisou seus posicionamentos.

Analisando o Quadro 17, verificamos que o resultado obtido com as respostas dadas por engenheiros, professores de Engenharia e pesquisadores sobre quais tópicos da FMC inserir na Engenharia foram: Física do Estado Sólido, Semicondutor e Função de onda.

Queremos chamar atenção para a convergência das respostas do segundo e terceiro questionários para o tópico referente aos semicondutores, pois a Física do Estado Sólido, em seu estudo envolvendo as propriedades dos materiais, também trata do estudo e aprimoramento dos semicondutores.

Em uma abordagem histórica, observa-se que em pouco mais de 50 anos a microeletrônica revolucionou o dia a dia das pessoas quando, em 1958, J. Kilby, nos laboratórios da Texas Instruments, propôs a construção de um circuito fabricado sobre um bloco de silício, criando assim o circuito integrado (CI) utilizando semicondutores (SWART, 2015). Desde a sua criação, os CIs têm evoluído, graças a estudos sobre os semicondutores e sobre melhoria na fabricação dos circuitos, e vêm sendo amplamente utilizados em

computadores, sensores, aparelhos de televisão, telefonia, entre outras aplicações, passando a constituir-se a base da indústria eletrônica (ALVES; SILVA, 2008). Foi justamente o desenvolvimento da Mecânica Quântica que propiciou a interpretação das propriedades observadas nesses materiais de forma que hoje os conhecimentos de suas propriedades contribuem para o desenvolvimento tecnológico na área de comunicações, no processamento de dados e em diversos aparelhos eletrônicos.

Segundo Brito, Santana e Silva (2012), o que se vê atualmente no cenário mundial é que o domínio e o conhecimento da microeletrônica pode tornar favorável a balança comercial de um país, de forma que o Brasil deve ser inserido nesse mercado internacional como um produtor e não somente como um consumidor. Nesse sentido, o governo federal tem investido em capacitação de pessoal e em incentivos para as empresas e as indústrias por meio do programa CI-Brasil e do projeto Brazil-IP, de forma que investir em recursos humanos na área de microeletrônica, capacitando profissionais para o cenário internacional de semicondutores resulta em impulsionar o desenvolvimento dessa indústria, gerando uma economia nacional de microeletrônicos crescente e tornando o Brasil um país significativo no cenário mundial de semicondutores.

Em 2011, o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) realizou um estudo que concluiu o seguinte: “menos de 30% dos produtos exportados pelo Brasil apresentam algum componente eletrônico”. O estudo mostra que a maioria dos produtos exportados possuem pouco valor agregado e intensa mão de obra e recursos naturais, ocasionando um impacto na economia brasileira (CI Brasil. Circuitos Integrados no Brasil e no Mundo). Para aumentar as exportações em componentes eletrônicos e ser inserido de forma significativa no ecossistema de microeletrônica mundial o Brasil precisa investir em instalações de fábricas, e, sobretudo, investir na capacidade do país de projetar circuitos digitais, ou seja, investimento em universidades técnico-científicas (BRITO; SANTANA; SILVA, 2012, p. 2-3).

Parece claro que o desenvolvimento de semicondutores relaciona-se com a autonomia tecnológica de uma nação e é um componente importante no contexto político-econômico. No entanto, queremos questionar o que vem a ser investir em recursos humanos e em universidades técnico-científicas para impulsionar a indústria nacional de semicondutores. Entendemos que essa questão é ampla e complexa, mas quando direcionamos nosso olhar para o contexto das mudanças promovidas pelo Estado com vistas à melhoria da capacidade de inovação tecnológica nas empresas brasileiras, Ibañez (2012) analisa a problemática geopolítica dos processos de transformações legais e institucionais em curso no Brasil a partir da subvenção econômica da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e das linhas de

financiamento para inovação relacionadas à saúde. Uma de suas considerações relaciona-se com a temática que estamos analisando:

Apesar dos esforços empreendidos, não só pelos governos federal e estadual, mas por todas as instituições e pesquisadores envolvidos com o tema da inovação tecnológica, o Brasil ainda apresenta sérios gargalos a serem resolvidos. Se houve, de um lado, a consolidação e financiamentos e políticas à inovação cada vez mais sólidos, por outro, os resultados esperados, ou seja, o aumento da capacidade inovativa, assim como a diminuição da dependência de tecnologias importadas, não têm sido observados, sobretudo quando analisamos a pauta de exportação brasileira em relação à intensidade tecnológica (IBAÑEZ, 2012, p. 211).

Vemos que a questão do investimento parece ser um elemento importante para o desenvolvimento científico e tecnológico, mas que não tem sido suficiente para que o Brasil caminhe em direção à independência tecnológica. Então, que tipo de investimento o Brasil precisa para ter autonomia tecnológica? Com este trabalho podemos dar um direcionamento importante para essa indagação, pois o desenvolvimento de tecnologias modernas parece não se limitar apenas a uma dimensão da economia de uma nação; ou seja, o investimento, tanto público como privado, por si só, não garante que um país possa se tornar mais independente tecnologicamente. Nesse sentido, entendemos que a implementação de políticas públicas, juntamente com programas de incentivo à inovação, necessite envolver também questões pertinentes à formação de agentes responsáveis pelo desenvolvimento científico e tecnológico, formação esta que esteja relacionada com a inserção e o ensino de conteúdos elementares que possuem uma intrínseca relação com o desenvolvimento e o funcionamento de tais tecnologias, cujo olhar, neste trabalho, voltou-se para a FMC.

No que se refere ao campo de atuação do engenheiro, entendemos que além da necessidade das políticas públicas e programas governamentais englobarem questões relativas à formação e capacitação de agentes responsáveis pela inovação tecnológica, aqui olhando para a figura do engenheiro, torna-se igualmente importante incentivar a pesquisa e o desenvolvimento (P&D) junto a empresas públicas e privadas a fim de expandir o campo de atuação desse profissional. Pode-se perguntar: por que lidar com o desenvolvimento de tecnologias no Brasil é uma área para poucos? Temos empresas nacionais que lidam com a produção de tecnologia com produtividade e competitividade no cenário internacional capazes de empregar agentes qualificados para a P&D? Certamente, o contexto político-econômico atual permeia as respostas para essas indagações, que julgamos ser uma interessante temática a ser investigada em trabalhos futuros, principalmente pertinente ao campo de atuação dos engenheiros em P&D no Brasil.

Esta consideração pode estar associada ao que Souza (2014) constatou nas entrevistas: que a formação científica dos engenheiros fica relegada a um segundo plano, sobretudo, no que tange à inserção de conteúdos da FMC no currículo da Engenharia visando uma qualificação profissional mínima para que, conforme o interesse profissional e as demandas do contexto sócio-político-econômico, o engenheiro possa atuar na fronteira do desenvolvimento científico e tecnológico.

Nesse sentido, em trabalhos futuros, seria interessante analisar as prioridades dos investimentos juntamente com as implicações que os programas e as políticas públicas relacionadas com o incentivo à inovação tecnológica do Brasil possuem no que se refere às questões formativas e pedagógicas dos agentes responsáveis para a criação de artefatos no âmbito das inovações científico-tecnológicas, principalmente pertinentes à Engenharia.

Essa constatação vem ao encontro do embasamento teórico referente ao perfil e formação do engenheiro da teoria bungeana, sobretudo relacionado ao conceito de tecnólogo com o perfil voltado para a criação de tecnologias no âmbito das relações entre as áreas da ciência básica, ciência aplicada e tecnologia. Nesse sentido, olhando para a FMC, entendemos que o ensino da Engenharia também assume um referencial epistemológico diferenciado quando se trata de uma formação visando o desenvolvimento de artefatos tecnológicos em comparação com o ensino voltado para a escola básica, por exemplo, visto que tais conhecimentos da Física, além de estarem presentes em grande parte das tecnologias modernas atuais, não ficam restritos à ciência básica enquanto gênese, mas perpassam a ciência aplicada e a tecnologia, requerendo um novo contexto formativo para a produção de novos materiais como, por exemplo, os semicondutores.

Ao lançarmos nosso olhar para o resultado da pesquisa realizada por Ostermann (1999), há uma evidente relação deste com os resultados da nossa primeira “rodada”, pois a área de tópicos mais sugeridos também foi referente à Mecânica Quântica. Essa convergência pode indicar certo consenso quando se trata de reconhecer a Mecânica Quântica como uma teoria que inaugurou uma nova forma de compreender o mundo instaurando novas bases nas quais o desenvolvimento científico e tecnológico se assentam.

Em relação ao resultado do terceiro questionário da pesquisa de Ostermann (1999), disposto no Quadro 19, vemos uma significativa diferença relacionada aos temas sugeridos quando a analisamos em paralelo com o resultado desta pesquisa (Quadro 20), pois entendemos que, neste trabalho, a presente pesquisa assumiu contornos próprios por se tratar de outros grupos respondentes e de outro nível de ensino.

Quadro 19: Tópicos em ordem decrescente de prioridade para os participantes do 3º questionário

TEMAS	MÉDIA
Efeito fotoelétrico	4,36
Átomo de Bohr	4,34
Leis de conservação	4,31
Radioatividade	4,24
Forças fundamentais	4,11
Dualidade onda-partícula	4,10
Fissão e fusão nuclear	4,08
Origem do universo	4,06
Raios X	4,02
Metais e isolantes	3,93
Semicondutores	3,90
Laser	3,84
Supercondutores	3,79
Partículas elementares	3,75
Relatividade restrita	3,69
Big Bang	3,67
Estrutura molecular	3,56
Fibras ópticas	3,51
Princípio da incerteza	3,41
Novos materiais	3,36
Biofísica	3,10
Plasma	2,80
Caos	2,61
Teoria da probabilidade	2,54
Fractais	2,41

Fonte: Ostermann (1999, p.74)

Quadro 20: Tópicos em ordem decrescente de prioridade do 3º questionário desta pesquisa

TEMAS	SOMA DOS ESCORES	MÉDIA
Física do estado sólido	102	4,43
Semicondutor	100	4,35
Função de onda	93	4,04
Efeito fotoelétrico	92	4,00
Supercondutores	92	4,00
Radiação térmica	87	3,78
Radioatividade	87	3,78
Partículas elementares	83	3,61
Introdução à Mecânica Quântica	82	3,57
Princípio da incerteza	82	3,57
Teoria da Relatividade	81	3,52
Física atômica	81	3,52
Origem do universo	64	2,78

Fonte: autoria própria.

Finalizando este capítulo, vemos que as análises possuem direcionamentos ampliados, não restritos a um simples levantamento estatístico de tópicos da FMC a serem inseridos na formação em Engenharia. Constata-se que os resultados perpassam questões curriculares, políticas e econômicas pertinentes ao ensino da Engenharia e que merecem atenção, bem como posteriores estudos a respeito desta temática.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Chegamos, então, ao final deste trabalho, cujo desenvolvimento foi assumindo contextos e contornos bem diferenciados das propostas iniciais, principalmente porque a Engenharia não faz parte de nossa formação. Entendemos que este fator tem um ponto positivo no sentido de proporcionar um olhar diferenciado, sobretudo por uma pessoa externa ao ambiente da Engenharia e envolvida com questões relacionadas ao Ensino de Física.

Nossa proposta foi identificar quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos nos cursos de formação de engenheiros junto a professores de Engenharia, engenheiros atuantes e pesquisadores envolvidos com o ensino da Engenharia por meio da técnica *Delphi*. Para isso, o trabalho se organizou em cinco capítulos. No primeiro deles, nosso objetivo foi estudar e compreender a gênese da Engenharia, mediante as relações entre ciência, técnica e tecnologia, principalmente dos pressupostos epistemológicos da tecnologia enquanto área do conhecimento em suas relações com a técnica e ciência. Assim, buscamos compreender a tecnologia como um fenômeno complexo, não restrito a associações e classificações simplistas enveredando para alguns de seus pressupostos epistemológicos a fim de delinear o desenvolvimento da Engenharia e o papel do engenheiro em nosso contexto atual.

No que tange à classificação da teoria bungeana referente às áreas da ciência básica, ciência aplicada e tecnologia, voltamos nosso olhar para a FMC, principalmente para as relações desta Física com as outras áreas citadas, características essas relacionadas ao perfil de tecnólogo da teoria bungeana, no sentido de não se ater apenas em um dos polos desta tríade, mas de transitar conceitualmente entre essas áreas. Mediante o conceito bungeano de tecnólogo, pudemos nos remeter, então, ao conceito de engenheiro tecnólogo, considerado como um dos agentes responsáveis pelo desenvolvimento ou inovação de artefatos tecnológicos no contexto do desenvolvimento tecnológico e científico atual.

Neste capítulo, ressaltamos também que o motivo pelo qual assumimos uma postura mais teórico-reflexiva quando discorremos sobre a Tecnologia, procurando levá-la, inclusive, para um plano mais histórico-filosófico, foi suscitar questionamentos sobre o tipo de desenvolvimento tecnológico que nossa sociedade prega ou requer. Essa questão assume uma dimensão ampliada e complexa que perpassa por questões éticas, humanas, sociais, políticas e econômicas. Caso este capítulo fosse omitido, este trabalho poderia até mesmo assumir um discurso em que o Currículo do Ensino de Engenharia poderia estar a favor de um desenvolvimento científico e tecnológico inconsequente, dissonante de questões complexas, sociais e humanas.

No capítulo 2, chamamos atenção para o fato de que, por meio das análises de algumas pesquisas, a presença da FMC nos cursos de Engenharia, de um modo geral, ainda é bastante tímida. Nesse sentido, se uma das atribuições do engenheiro é contribuir para o desenvolvimento científico e tecnológico de uma nação, parece que no Brasil ainda não há uma suficiente preocupação clara com a formação de um pessoal mínimo qualificado que esteja envolvido diretamente com a criação de artefatos tecnológicos em correspondência com o que denominamos de engenheiro tecnólogo pela teoria bungeana.

Quando começamos a permear o universo de algumas pesquisas direcionadas para o Ensino na Engenharia, vimos que esta área parece estar em fase de consolidação, em se tratando de um paralelo com o processo histórico envolvido na consolidação da área de pesquisa em Ensino de Ciências. Nesse sentido, começamos a investigar pesquisas direcionadas à inserção da FMC na escola básica, identificando alguns problemas de ordem curricular, principalmente direcionados para as inovações curriculares deste nível de ensino.

Nessa direção, uma das questões que motivou a presente pesquisa refere-se aos problemas pertinentes às inovações curriculares vivenciados pelo autor na escola média, cujas indagações levaram a buscar possíveis correspondências dessa problemática no ensino de Engenharia, principalmente referente à inserção de tópicos da FMC neste nível de ensino que, certamente, envolvia outros pressupostos e contextos a serem investigados.

Como nosso olhar estava voltado para o contexto das discussões curriculares na Engenharia, sobretudo relativo à inserção de conteúdos da FMC visando uma formação científica aos egressos, incorremos na pergunta: quais tópicos da FMC inserir na Engenharia? Buscamos, então, por pesquisas voltadas à temática que levassem em consideração uma possível construção curricular por agentes envolvidos no campo curricular. Nesse sentido, encontramos o trabalho de Ostermann (1999), que utilizou a técnica *Delphi* de pesquisa junto a pesquisadores, Físicos e professores a fim de chegar a um possível consenso acerca da temática em questão.

Como identificamos que a área de pesquisa em Ensino na Engenharia está em fase de consolidação, em analogia com o trabalho de Ostermann (1999), decidimos também identificar quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos na Engenharia utilizando a técnica *Delphi* junto a pesquisadores no ensino de Engenharia, engenheiros e professores de Engenharia. Investigamos as possibilidades de utilização da técnica *Delphi* no campo curricular discorrendo sobre algumas teorias que levam em consideração uma dimensão ampliada e complexa de currículo, principalmente formado por múltiplos agentes e comunidades onde relações de poder e identidade estão imbricadas.

No terceiro capítulo, descrevemos a técnica *Delphi* realizando possíveis paralelos desta técnica com o campo curricular, principalmente relacionados aos processos decisórios na formulação do currículo oficial, quando se leva em consideração vários agentes que compõem o campo curricular. Destacamos que o anonimato das respostas de diferentes agentes do campo curricular pode direcionar os processos decisórios mais para o campo epistemológico, ou seja, dos pressupostos e conteúdos a serem ensinados no sentido de minimizar embates pertinentes ao contexto das relações de poder que permeiam o cenário político, econômico e social para a implementação de uma proposta curricular.

Destacamos também que a utilização da técnica *Delphi* no campo curricular pode assumir um caráter formativo, pois, quando se contrapõem ideias, tanto convergentes quanto divergentes, o respondente pode se sentir empenhado a reconhecer formas de analisar a problemática em questão incitando nele o senso crítico sobre suas convicções. Desse modo, julgamos que a utilização da técnica *Delphi* merece ser discutida e analisada em outros trabalhos, principalmente quando se trata das possibilidades de transposição para o contexto curricular, bem como de suas possibilidades quando levamos em consideração as teorias críticas e pós-críticas do currículo. Como não encontramos muitos trabalhos na literatura nacional que utilizaram a técnica *Delphi* no campo curricular, reafirmamos que este “pioneirismo” traz consigo muitas questões a serem discutidas e que, até mesmo, não foram abordadas por este trabalho devido à amplitude das teorias curriculares.

Nos últimos capítulos, procedemos com o desenvolvimento e a análise da pesquisa de forma que fica evidente a importância de se investigar questões pertinentes ao Ensino de Engenharia, sobretudo quanto à inserção da FMC neste nível de ensino, que foi a temática deste trabalho. Com os resultados desta pesquisa, pretendemos fazer alguns encaminhamentos, bem como sugestões de novos trabalhos acerca desta temática.

O discurso pautado pelo desenvolvimento científico e tecnológico de uma nação também perpassa questões formativas, ou seja, referentes ao ensino de conteúdos elementares que possibilitem a qualificação e capacitação de agentes envolvidos com a P&D no âmbito das inovações tecnológicas. Dentre tais conteúdos, chamamos atenção para a FMC, um ramo da Física que impulsionou o desenvolvimento de tecnologias modernas cuja presença é inegável em nosso cotidiano com aplicações na medicina, eletrônica, agricultura, sistemas de comunicação, aparelhos digitais, ou então em novas formas de obtenção de energia, produção de novos materiais, exemplos estes que ainda representam uma pequena parcela do desenvolvimento tecnológico.

Associado a esse desenvolvimento, evidenciamos os profundos imbricamentos que ao desenvolvimento de tecnologias modernas possui com a dimensão econômica e política de um país no sentido de demandar investimentos e implementação de políticas, voltadas tanto para o setor público como o privado, visando à autonomia tecnológica. Isso indica que esta temática situa-se num plano bem mais ampliado que o formativo, não se limitando apenas a uma questão escolar pertinente ao ensino de um determinado conteúdo pelas instituições de ensino. Em trabalhos futuros, julgamos relevante analisar se questões relacionadas ao currículo, tanto oficial como real, também são contempladas pela dimensão política e econômica de uma nação, sobretudo pertinente aos investimentos que visam ao desenvolvimento científico.

Relacionado à questão do ensino na Engenharia visando à formação do engenheiro para o desenvolvimento de novas tecnologias, como mencionam as DCNCE, julgamos relevante discutir em trabalhos futuros conceitos pertinentes à Epistemologia da Tecnologia, bem como considerações sobre esse tipo de discussão na Engenharia, sobretudo quanto aos imbricamentos com a Ciência e a Técnica. Neste trabalho, voltamos nosso olhar para a teoria bungeana, principalmente para o conceito de tecnólogo, e relacionamos esse conceito com o perfil de engenheiro no sentido de possuir uma formação que possibilite transitar conceitualmente pelas áreas da ciência básica, ciência aplicada e tecnologia. Este plano referente à epistemologia da tecnologia da teoria bungeana, sobretudo situada na formação do engenheiro, poderia também ser objeto de estudo para futuros trabalhos, principalmente direcionados ao ensino da Engenharia.

Quando buscamos pesquisar quais tópicos da FMC poderiam ser inseridos na Engenharia, reconhecemos que estaríamos permeando o campo curricular desse nível de ensino, inclusive envolvendo diferentes agentes que o compõem. Encontramos, então, na técnica *Delphi*, uma forma de mediar a opinião de alguns desses agentes em busca de um consenso. Nesse sentido, julgamos relevante incitar pesquisas que considerem processos decisórios a fim de, possivelmente, contribuir para a formulação de novas propostas curriculares. Julgamos que a técnica *Delphi* caminha nessa direção, principalmente evidenciando o caráter democrático de currículo. Mas a utilização da técnica *Delphi* no contexto curricular merece análises em trabalhos futuros, inclusive discutindo sobre suas possibilidades e limitações à luz das teorias curriculares críticas e pós-críticas.

Por fim, como esta pesquisa envolveu três “rodadas” de um estudo *Delphi* junto a professores de Engenharia, engenheiros atuantes e pesquisadores do Ensino em Engenharia e seu resultado convergiu para os temas: Física do Estado Sólido, semicondutores e função de

onda, seriam interessantes também outros trabalhos que investigassem o ensino desses temas em um determinado curso de Engenharia ou uma possível inserção dos conteúdos na estrutura curricular de cursos de Engenharia tendo em vista a autonomia que as instituições de ensino possuem para compor os currículos.

Ao findar deste trabalho, esperamos contribuir para o fomento de novas pesquisas na área do Ensino da Engenharia, sobretudo relacionado ao ensino da FMC e ao campo curricular deste e de outros níveis de ensino.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, R. R. **Tópicos de Astrofísica e Cosmologia**: uma aplicação de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. 204f. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.
- ALMAGUER, A.G. El método delphi y el procesamiento estadístico de los datos obtenidos de la consulta a los expertos. **Instituto Superior Pedagógico de Holguín**, 2002. Disponível em: <<http://davinci22.tach.ula.ve/documents/vermig/Sobre%20el%20m%E9todo%20DELPHI.doc>>. Acesso em: 09 jul. 2014.
- ALMEIDA, N. N. *et al.* Um estudo sobre a expansão da formação em engenharia no Brasil. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 37-56, 2013.
- ALVES, E. G.; SILVA, A. F. Usando um LED como fonte de energia. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, p. 26-28, 2008. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol9/Num1/led.pdf>>. Acesso em: 09 set. 2014.
- ANTUNES, M. M. Técnica Delphi: metodologia para pesquisas em educação no Brasil. **Revista de Educação PUC-Campinas**, v. 19, n. 1, 2014. Disponível em: <<http://periodicos.puc-campinas.edu.br/seer/index.php/reeducacao/article/view/2616>>. Acesso em: 20 mar. 2015.
- ARENGHI, L. E. B.; SILVA, J. N.; LINO, A. Por que inserir física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, v. 6, n. 1, 2013. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/1170>>. Acesso em: 11 set. 2014.
- BAROJAS, J. Cooperative networks in physics education. New York: American Institute of Physics, 1988. (AIP Conference Proceedings, 173).
- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à Engenharia**: conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis: Editora UFSC, 2006. 270 p.
- BAZZO, W. A.; LINSINGEN, I. V.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução aos estudos CTS** (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Madri: Organização dos Estados Ibero-Americanos, 2003.
- BRASIL. Ministério da Educação, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999. 360 p.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: ME; SEMTEC, 2002. 144p.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia**. Resolução CNE/CES 11, de 11 de março de 2002. Diário Oficial da União, Brasília, 9 abr.2002. Seção 1, p. 32.

BRITO, A. F.; SANTANA, A. C.; SILVA, K. R. Microeletrônica e semicondutores: um paralelo entre o mercado brasileiro e o ensino em engenharia de computação. **Anais XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Belém: ABENGE, 2012. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/103836.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

BROCKINGTON, G. A Realidade escondida: a dualidade ondapartícula para alunos do Ensino Médio. 2005. 253 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). IF/FE-USP, São Paulo, 2005.

BUNGE, M. **Pseudociência e ideologia**. Madri: Alianza, 1985.

_____. **Epistemologia**. São Paulo: T. A. Queiros/Edusp, 1980.

CASTRO, R. N. A. Teorias do Currículo e suas repercussões nas Diretrizes Curriculares Dos Cursos de Engenharia. **Educativa**, Goiânia, v. 13, n. 2, p. 307-322, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://seer.ucg.br/index.php/educativa/article/viewFile/1420/936>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

COELHO, L. G.; GRIMONI, J. B.; NAKAO, O. S. Proposta de discussão sobre curso de pós-graduação em educação em engenharia na universidade de São Paulo. **Anais XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Belém: ABENGE, 2012. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/103797.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

CHARRO, E.; GÓMEZ-NIÑO, A.; PLAZA, S. La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria: un estudio mediante la técnica Delphi. **IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias**. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2013, p. 898-903. Disponível em: <<http://uvadoc.uva.es/handle/10324/3704>>. Acesso em: 14 dez. 2014.

CORRÊA, H.L.; CUNHA, J.C.; MUNARETTO. Um estudo sobre as características do método Delphi e de grupo focal, como técnicas na obtenção de dados em pesquisas exploratórias. **Revista de Administração da UFSM**, v. 6, n. 1, p. 9-24, 2013. Disponível em: <<http://cascavel.cpd.ufsm.br/revistas/ojs2.2.2/index.php/reaufsm/article/view/6243/pdf>> Acesso em: Out/2014.

CUNHA, L. S. *et al.* A Física Moderna e Contemporânea nos cursos de engenharia do Estado de Minas Gerais. **Anais XXXVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, São Paulo: ABENGE, 2008, p. 1-7. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2008/artigos/2300.pdf>>. Acesso em 05 jul. 2014.

CUPANI, A. Filosofia da tecnologia. **Revista Filosofia**, 2010. Disponível em: <<http://filosofiacienciaevida.uol.com.br/ESFI/Edicoes/63/artigo239056-1.asp>>. Acesso em 05 jan. 2015.

_____. Filosofia da Tecnologia: três enfoques. **Scientiae Studia**, vol. 2, n. 4, pp. 493-518, 2004.

_____. **Filosofia da tecnologia**: um convite. Florianópolis: Editora da UFSC, 2. ed. 2013.
 CUSTÓDIO, F. J.; SOUZA, A. P. G.; REZENDE JÚNIOR, M.F. a Física Moderna e Contemporânea nos cursos de Engenharia: análise de currículos da UFSC e UNIFEI. **Anais XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Gramado: ABENGE, 2013.
 Disponível em: < http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/116840_1.pdf>
 Acesso em: Out/2014.

DECONTEC/FIESP, **Departamento de Competitividade e Tecnologia**, Por que Reindustrializar o Brasil? 2013. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/por-que-reindustrializar-o-brasil/>>. Acesso em: 10 abr. 2015

DEMO, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DÍAZ, M.; ALDICÍN, O.; GRAVÁN, R. TENA, R. Aplicación del método Delphi en la selección de contenidos formativos para el profesorado en TIC. **Congreso Internacional (EDUTECH)**, México, 2011. Disponível em:
 <http://tecnologiaedu.us.es/tecnoedu/images/stories/pedro/2011-romero-roman-y_otros-aplicacion-metodo-delphi-pachuca.pdf>. Acesso em 14 jul. 2014.

DIAS, R. B.; SERAFIM, M. P. Educação CTS: uma proposta para a formação de cientistas e engenheiros. **Avaliação, Campinas**, v. 14, n. 3, p. 611-627, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aval/v14n3/a05v14n3.pdf>>. Acesso em 14 jan. 2014.

DINIZ, N.M; LOPES, R.L; OLIVEIRA E SILVA, J.M. Fenomenologia. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 61, n. 2, p. 254-257, 2008. Disponível em:
 <<http://www.scielo.br/pdf/reben/v61n2/a18v61n2.pdf>>. Acesso em 03 fev. 2015.

DOESER, L. **Vida e obra de Leonardo Da Vinci**. Rio de Janeiro: Ediouro, 1995.

DOMINGOS, B. S. M.; MELLO, A.S.; RIBEIRO, R. B. Estudo da formação de engenheiros e suas representações sociais: universidade, ciência, tecnologia e sociedade. **Janus**, v. 10, n. 17, 2014. Disponível em: <<http://www.fatea.br/seer/index.php/janus/article/viewArticle/918>>. Acesso em 07 jan. 2015.

DURO, M. A.; MARMO, A. M.; MIRANDA, L. F.; OLIVEIRA, Y.M.; ROCHA, A. J.; SILVA, G.T. Engenharia, origens e evolução. **Anais XXXV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Curitiba: ABENGE, 2007, p. 1-11. Disponível em:
 <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2007/artigos/178-Ana%20J%C3%BAlia%20Ferreira%20Rocha.pdf>>. Acesso em 03 dez. 2015.

ELLUL, J. **El Siglo XX y la Técnica**: Análisis de las conquistas y peligros de la técnica de nuestro tempo. Barcelona: Labor, 1960.

ESTÉVEZ, M. L. B.; GALLASTEGUI, J. J.A. El método Delphi. Su implementación en una estrategia didáctica para la enseñanza de las demostraciones geométricas. **Revista Iberoamericana de Educación**, v. 3, n. 35. Disponível em:
 <http://www.rieoei.org/inv_edu38.htm>. Acesso em: 10 out. 2014.

FIGUEIREDO, J. S. **Projeto Mineiro de Educação Profissional de Educadores – PDP: um estudo da formação continuada de professores**. 235 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2007.

FREIRE JR., O. Novo tempo, novo espaço, novo espaço-tempo. Breve história da Relatividade. In: ROCHA, J. F. M. (Org). **Origens e Evolução das Ideias da Física**, Salvador: EDUFBA, 2011.

GARCIA, J. Currículo e questões de indisciplina. **Anais. VII Congresso Nacional de Educação**. Curitiba: EDUCERE, 2007, p. 717-727. Disponível em: <<http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2007/anaisEvento/arquivos/CI-072-03.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2014.

GARNICA, A. M. Algumas notas sobre pesquisa qualitativa e fenomenologia. **Interface– Comunicação, Saúde e Educação**, São Paulo, v. 1, n. 1, 1997. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/icse/v1n1/08.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2014.

GERBASSI, R.S.; OLIVEIRA, F. F.; VIANNA, D. M.; Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. **Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n3/a16v29n3>>. Acesso em: 10 out. 2014.

GESSER, V. A evolução histórica do currículo: dos primórdios à atualidade. **Revista Contrapontos**, v. 2, n. 1, p. 69-81, 2008. Disponível em: <<http://www6.univali.br/seer/index.php/rc/article/view/135/115>>. Acesso em: 25 mar. 2015.

GRECA, I. M.; HERSCOVITZ, V. E. Superposição linear em ensino de mecânica quântica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 5, n. 1, p. 61-77, jan. 2005. Disponível em: <<http://revistas.if.usp.br/rbpec/article/viewFile/99/91>>. Acesso em: 10 out. 2014.

GRECA, I. M; MOREIRA, M. A; HERSCOVITZ, V. Uma Proposta para o Ensino de Mecânica Quântica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 23, n. 4, p. 444-457, dez. 2001. Disponível em: <http://efisica.if.usp.br/apoio/artigosapoio/v23_444.pdf>. Acesso em: 10 out. 2014.

HAWKING, S.; MLODINOW, L. **Uma nova história do tempo**. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

IBAÑEZ, P. **Geopolítica e Inovação Tecnológica: Uma análise da Subvenção Econômica e das Políticas de inovação para a Saúde**, 2012. 245f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Geografia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, São Paulo.

IHDE, D. Incorporando a matéria: fenomenologia e filosofia da tecnologia. **Revista Política & Trabalho**, v. 21, 2004. Disponível em: <<http://periodicos.ufpb.br/ojs/index.php/politicaetrabalho/article/view/6549>>. Acesso em 03 fev. 2015

JACINSKI, E.; LINSINGEN, I. Uma análise discursiva das interações entre tecnologia e sociedade na formação de engenheiros. **Anais IV Simpósio Nacional de Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://www.esocite.org.br/eventos/tecsoc2011/cd-anais/arquivos/pdfs/artigos/gt005-umaanalise.pdf>>. Acesso em 03 fev. 2015

KINDER, M. R.; MORGADO, C. R. V.; B. Paulo Renato Diniz Junqueira. O Perfil do Engenheiro Civil do Século XXI: reflexões e subsídios para uma reforma curricular. **Anais VI Encontro de Educação em Engenharia**, Escola Politécnica POLI/UFRJ: Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://media.ilang.com/PAT/Upload/451070/46.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2015.

KNEUBIL, F. B. Explorando o CERN na Física do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 2, p. 2401, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n2/21.pdf>>. Acesso em 20 jul. 2014.

KUHN, T. S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Perspectiva, 1990.

LAUDARES, J. B.; RIBEIRO, S. Trabalho e formação do engenheiro. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 81, n. 199, p. 491-500, 2000. Disponível em: <<http://rbep.inep.gov.br/index.php/RBEP/article/view/135>>. Acesso em 24 set. 2014.

LAWALL, I.; SOUZA, A.P.G. Inovação curricular de Física Moderna: motivações, dificuldades e mudanças na prática docente. **Anais IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Campinas: ABRAPEC, 2011. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiinepec/resumos/R1106-2.pdf>>. Acesso em: 03 de jan. 2015.

LEONEL, A. A. **A nanociência e nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no ensino médio**. 2010. 215 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) – Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/94571/276442.pdf?sequence=1>>. Acesso em 02 jun. 2014

LEMES, T. C.; REZENDE JUNIOR, M. F. A Física Moderna e Contemporânea nos cursos de engenharia do Brasil: cenário atual e perspectivas. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 30, n. 2, p. 24-34, 2011. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/viewFile/100/80>>. Acesso em 02 jun. 2014.

LEMES, T. C.; REZENDE JUNIOR, M. F.; CHIARELLO, A. G. A Física Moderna e Contemporânea nos cursos de engenharia da Universidade Federal de Itajubá. **Anais XXXVII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Recife: ABENGE, 2009, p. 1- 9. Disponível em: <www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2009/artigos/534.doc>. Acesso em 02 jun. 2014.

LENZI, L. **A ambiguidade da tecnologia: da analítica de Mario Bunge à hermenêutica de Lewis Mumford**. 2013. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/103523>>. Acesso em 04 jan. 2015.

LIMA, M. O.; PINSKY, D.; IKEDA, A. A. A utilização do Delphi em pesquisas acadêmicas em Administração: um estudo dos anais do Enanpad. **Anais XI Seminários em Administração**, São Paulo: SEMEAD, 2008. Disponível em:

<<http://www.ead.fea.usp.br/semead/11semead/resultado/trabalhosPDF/535.pdf>>. Acesso em 02 mai. 2014.

LINHARES, L. L.; MESQUIDA, P.; SOUZA, L. L. Althusser: a escola como aparelho ideológico de estado. **Anais VIII Congresso Nacional de Educação**. Curitiba: EDUCERE, 2007, p. 1494-1508. Disponível em:

<<http://www.pucpr.br/eventos/educere/educere2007/anaisEvento/arquivos/CI-204-05.pdf>>. Acesso em: Jan/2015.

LINSTONE, A. H.; TUROFF, M. **The Delphi Method** : Techniques and Applications. 2002. Disponível em: <<http://is.njit.edu/pubs/delphibook/delphibook.pdf>>. Acesso em: Set/2014.

LINSINGEN, I. **Engenharia, Tecnologia e Sociedade**: novas perspectivas para uma formação. Florianópolis, 2002. 221f. 2002. Tese (Doutorado em Educação). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

LINSTONE, A. H.; TUROFF, M. **The Delphi Method** : techniques and applications. Reading, Massachusetts: Addison -Wesley, 1975. 646 p.

LOPES, R. M. SF. **Percepção e Mitigação dos Riscos Tecnológicos - O CERN como caso de estudo**. 2011. Dissertação de mestrado. Faculdade de Economia, Universidade de Coimbra. Disponível em:

<<https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/20531/1/Rui%20Lopes.pdf>>. Acesso em 02 jun. 2014.

MCKAGAN, S. B.; PERKINS, K. K.; WIEMAN, C. E. Reforming a large lecture modern physics course for engineering majors using a PER-based design. **Proceedings: Physics Education Research Conference**, Nova Iorque: 2006. Disponível em:

<<http://www.colorado.edu/physics/EducationIssues/papers/McKaganPERCproceedings2006.pdf>>. Acesso em 12 jun. 2014.

MANINI, V. S. A.; DIAS, H. Iniciativas na construção de um novo modelo para o ensino de Física em engenharia na Escola Politécnica da USP e na Faculdade de Engenharia da FSA. **Anais XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Passo Fundo:

ABENGE, 2006, p. 12.1-12.10. Disponível em:

<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2006/artigos/12_56_787.pdf>. Acesso em 13 mar. 2014.

MASSON, J. T. *et al.* Ensino de Física Tecnológica. **Anais XXXIII Congresso Brasileiro De Educação em Engenharia**, Campina Grande: ABENGE, 2005, p. 1-18. Disponível em:

<<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2005/artigos/SP-11-39822850891-1118712736352.pdf>>. Acesso em 03 mar. 2014.

MARRAGHELO, G. F.; PAVANI, D. B. Utilizando uma câmera fotográfica digital como ferramenta para distinguir as cores das estrelas. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, p.20-26, 2011.

Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol12/Num1/cores-estrelas.pdf>>. Acesso em 03 dez. 2014.

MENESTRINA, T. C. **Concepção da ciência, tecnologia e sociedade na formação de engenheiros**: um estudo de caso das engenharias da UDESC Joinville. 2008. 237f. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina – Educação Científica e Tecnológica. Biblioteca Depositária: UFSC/PPGECT, 2008.

MENESTRINA, T.C.; BAZZO, W. A. Ciência, tecnologia e sociedade e formação do engenheiro: análise da legislação vigente. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e tecnologia**, v. 1, n. 2, 2008.

MINAS GERAIS. **Proposta curricular de Física**. Educação Básica – 2007, Ensino Médio. Belo Horizonte, 2007.

MITCHAM, C. **Thinking through technology**. The path between engineering and philosophy. Chicago: The University of Chicago Press, 1994.

MOREIRA, A. F. B.; SILVA, T. T. (Org.). **Currículo, cultura e sociedade**. 2. ed. São Paulo: Cortez, 1997.

MOREIRA, A. F. B. Em busca da autonomia docente nas práticas curriculares. **Revista Teias**, v. 13, n. 27, p. 27-47, 2012. Disponível em: <<http://www.periodicos.proped.pro.br/index.php/revistateias/article/view/1136>>. Acesso em 05 dez. 2014.

_____. Currículo, Utopia e Pós-Modernidade. In: MOREIRA, A. F. (Org.). **Currículo: Questões Atuais**. 17. ed. São Paulo: Papirus, 2010.

_____. Qualidade na educação e no currículo: tensões e desafios. **Revista Educação on line (PUCRJ)**, v. 4, p. 1-14, 2009. Disponível em: <http://www.educacao.rs.gov.br/dados/seminariointernacional/antonio_moreira_qualidade_educ_curric.pdf>. Acesso em 10 jan. 2015.

_____. **Currículos e programas no Brasil**. Campinas: Papirus, 1990.

_____. **Didática e currículo**: questionando fronteiras. In: OLIVEIRA, M. R. N. S. **Confluências e Divergências entre Didática e Currículo**. Campinas: Papirus, 1998, p. 33-52.

MOURA, D. L.; SOUSA, C. B. A utilização das novas tecnologias em uma escola experimental do Rio de Janeiro. **ETD-Educação Temática Digital**, v. 16, n. 2, p. 135-153, 2014. Disponível em: <https://www.fe.unicamp.br/revistas/ged/etd/article/view/6458/pdf_78>. Acesso em: 15 mar. 2015.

NARDI, R. **A área de ensino de ciências no Brasil**: fatores que determinaram sua constituição e suas características segundo pesquisadores brasileiros. 166f. Tese (Livre Docência) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências, 2005. Disponível em: <<http://www2.fc.unesp.br/gpec/documentospdf/Teses/TeseLDNardi.pdf>>. Acesso em 10 jan. 2015.

NEGRI, S. R. Um currículo democrático na contemporaneidade: desafios e possibilidades teóricas. **Revista Educação em Perspectiva**, n. 2, p. 274-292, jul./dez. 2010. Disponível em: <<http://www.seer.ufv.br/seer/educacaoemperspectiva/index.php/ppgeufv/article/view/151>>. Acesso em 10 fev. 2015.

NIÑO, J. V.; HERRERA, W. J.; GOMÉZ, S. Acerca de la enseñanza de la física en las carreras de ingeniería. **Revista Colombiana de Física**, v. 38, n. 4, p. 1419-1422, 2006. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2153195>>. Acesso em 12 jun. 2014.

OBSERVATÓRIO DA INOVAÇÃO, Tendências e Perspectivas da Engenharia no Brasil, 2011. EngenhariaData (Relatório). Disponível em: <<http://engenhariadata.com.br/relatorios/>>. Acesso em: 26 jan. 2015.

OLIVEIRA, V. F. Crescimento, evolução e o futuro dos cursos de engenharia. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 3-12, 2005. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/revista/index.php/abenge/article/viewFile/25/7>>. Acesso em 13 jun. 2014.

ORTEGA Y GASSET, J. **Meditação da técnica**. Rio de Janeiro: Livro Ibero Americano Ltda., 1963.

ORTEGA Y GASSET, J. **Meditación de la técnica**. Madri, Espasa-Calpe, 1965.

OLIVEIRA, J. S. P.; COSTA, M. M.; WILLE, M. F.C.; MARCHIORI, P. Z. **Introdução ao Método Delphi**. Curitiba: Mundo Material, 2008 (manual didático).

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física Moderna e Contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis. Vol. 16, n. 3 (dez. 1999), p. 267-286, 1999. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6795>>. Acesso em 03 dez. 2014.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de Física na escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis. Vol. 18, n. 2 (ago. 2001), p. 135-151, 2001. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/6676>>. Acesso em 03 dez. 2014.

_____. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa "Física Moderna e Contemporânea no ensino médio". **Revista Investigações em Ensino de Ciência**, Vol.5, n. 1, p. 23-48, 2000. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/dados/ienci/_umarevisaobibliograficas.artigoCompleto.pdf>. Acesso em 02 dez. 2014.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. SF. Construindo uma unidade didática conceitual sobre Mecânica Quântica: um estudo na formação de professores de Física. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 2, p. 235-257, 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n2/07.pdf>>. Acesso em 16 dez. 2014.

OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física**. 433f. Tese (Doutorado em Ciências) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

PÁEZ, J. M. Ortega y Gasset, meditador de la técnica. **Argumentos de Razón Técnica**, n. 06, p. 61–95, 2003. Disponível em: <<https://idus.us.es/xmlui/handle/11441/21719>>. Acesso em 20 dez. 2014.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 393-420, 2009. Disponível em:

<http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/janeiro2013/fisica_artigos/sobreoensinodefisicamoderna.pdf>. Acesso em 20 dez. 2014.

PERRENOUD, P. **La construcción del éxito y del fracaso escolar**. Madrid: Morata, 1996.

PERFOLL, A. P.; REZENDE JUNIOR, M. F. A Física Moderna e Contemporânea e o ensino de engenharia: contextos e perspectivas. **Anais XXXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Passo Fundo: ABENGE, 2006, p.11.55-11.68. Disponível em:

<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2006/artigos/11_97_581.pdf>. Acesso em 10 dez. 2014.

QUEIROZ, M. N. A. **Uma proposta didática para o ensino de geradores de energia elétrica: subsídios ao CBC mineiro**. 2011. 188 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte.

REZENDE JUNIOR, M. F. **O processo de conceitualização em situações diferenciadas na formação inicial de professores de física**. 2006. 276f. Tese. Universidade Federal de Santa Catarina – Educação Científica e Tecnológica. Biblioteca Depositária: UFSC/PPGECT, 2006.

REZENDE JUNIOR.; SOUZA CRUZ, F.F. Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência e Educação**, vol. 15, n. 2, 2009.

RICARDO, E. C.; CUSTÓDIO, J. F.; REZENDE JUNIOR, M. F. A tecnologia como referência dos saberes escolares: perspectivas teóricas e concepções dos professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 135-147, 2007. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/rbef/v29n1/a20v29n1.pdf>>. Acesso em 15 jan. 2014.

RODRIGUES, A. G.; PIETROCOLA, M.; PIQUEIRA, J. R. C. Elaboração De Uma Sequência Didática de Ensino-aprendizagem com tópicos de Mecânica Quântica para cursos de Engenharia. **Anais XL Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Belém: ABENGE, 2012. Disponível em:

<<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2012/artigos/104004.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2014.

SACRISTÁN, G. J. **O Currículo: uma reflexão sobre a prática**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

SANCHES, M. B. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: Qual sua presença em sala de aula?** 2006. 108 f. Dissertação (Mestrado em Educação para a Ciência e a

Matemática) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, Paraná. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/modules/mydownloads_01/singlefile.php?cid=19&lid=648>. Acesso em 20 jan. de 2015.

SILVA, A.C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Física Quântica no Ensino Médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624-652, dez. 2011. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/22296>>. Acesso em 14 nov. 2014.

SILVA, T. T. **Documentos de Identidade**: Uma introdução às Teorias de Currículo. Belo Horizonte, 2. ed. Autêntica, 2002.

SILVA, I. R. R.; **Explorando as diferentes telas de TV**: uma proposta de inserção da física moderna e contemporânea no ensino médio. 2011. 134 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Ensino Ciências e Matemática da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SILVA, T. T. **Identidades terminais**: as transformações na política da pedagogia e na pedagogia da política. Petrópolis: Vozes, 1996.

SILVA FILHO, A. C. Para quê Fenomenologia “da” Educação e “na” pesquisa educacional? **Trilhas do Centro de Ciências Humanas e Educação**, V. 8- nº 17, 2006.

SILVA, D.B.C.; SAMPAIO, R.P.; FONSECA W.S. Avanço científico e revolução tecnológica: um estudo da contribuição da Física Quântica aplicada à engenharia civil. **Anais XXXIX Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Blumenau: ABENGE, 2011. Disponível em: <<http://www.abenge.org.br/CobengeAnteriores/2011/sextoestec/art2002.pdf>>. Acesso em 14 jan. 2015.

SIQUEIRA, M. **Do visível ao indivisível**: uma proposta de Física de Partículas Elementares para o Ensino Médio. 2006. 156 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). IF/FE-USP, São Paulo, 2006.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. O espalhamento Rutherford na sala de aula. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, 2010. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol11/Num2/a04.pdf>>. Acesso em 14 nov. 2014.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M.; UETA, N. A Física Moderna e Contemporânea em sala de aula; uma atividade com os raios-X. **Anais XVII Simpósio Nacional De Ensino de Física**, São Paulo: SBF, 2007. Disponível em: <http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=snef&cod=_afisicamodernacontempor_1>. Acesso em 14 dez. 2013.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA - SBF. **Física para o Brasil: pensando o futuro**. São Paulo: livraria da Física, 2005. 248p.

SOUZA, A. P. G. **A Física Moderna e Contemporânea nos cursos de Engenharia e na indústria**. 2014. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/128870?show=full>> Acesso em: 18 de fev. 2015.

SWART, J.W. **Evolução de Microeletrônica a Microssistemas**. Disponível em: <<http://www.ccs.unicamp.br/cursos/ee941/download/cap01.pdf>> Acesso em: 03/04/2015.

SZAJNBERG, M.; ZAKON, A. A ampliação e readequação do ensino da física para a engenharia do terceiro milênio. **Anais VII Encontro de Educação em Engenharia**, Petrópolis: ABENGE, 2001. Disponível em: <<http://www.pp.ufu.br/arquivos/30.pdf>> Acesso em: 03/04/2014.

TARNAS, R. **A Epopeia do Pensamento Ocidental**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2001.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, Florianópolis, v.9, n.3, p.209-214, 1992. Disponível em: <<https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/viewFile/7392/6785pdf>>. Acesso em: 06/03/2014.

WRIGHT, J. TC; GIOVINAZZO, R. A. Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. **Caderno de pesquisas em administração**, v. 1, n. 12, p. 54-65, 2000. Disponível em: <<http://regeusp.com.br/arquivos/C12-art05.pdf>>. Acesso em: 06/07/2013.

VALADARES, E. C.; CHAVES, A.; ALVES, E. G. **Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2005.

VARGAS, M. **Para uma filosofia da tecnologia**. São Paulo: Alfa Omega, 1994.

ZANETIC, J. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?pid=S0009-67252005000300014&script=sci_arttext&tlng=en>. Acesso em: 06/01/2015.

Apêndice 1: Apresentação da pesquisa da primeira “rodada”

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO DE ENGENHARIA

Prezado professor (a) /pesquisador (a),

Estamos lhe convidando para participar, juntamente com outros especialistas, de um estudo acadêmico que visa compreender que conteúdos atuais da Física poderiam ser ensinados na graduação Engenharia. Serão necessários somente dois minutos através do link abaixo:

<https://docs.google.com/forms/d/1zxVLuPNxRN9nNVbVR020N2UOenu5atdnaGZqsxt8PDY/viewform>

Esta pesquisa insere-se como parte de uma dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Itajubá (UNIFEI), e vossa contribuição ao nosso estudo será de suma importância, e com garantia de anonimato.

Nesta primeira etapa, gostaríamos que fosse feita uma menção de assuntos (tópicos, conteúdos, temas) da Física atual você considera que deveriam ser ensinados nos cursos de engenharia.

Sinta-se livre para fazer comentários que julgar pertinentes.

Desde já muito obrigado pela sua valiosa contribuição.

Com os nossos melhores cumprimentos

Tadeu Samuel Pereira

Mikael Frank Rezende Junior

Apêndice 2: Questionário da primeira “rodada” do “Google docs”

Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Engenharia

Nome

Área de formação

Área de atuação

Quais os tópicos da Física Moderna e Contemporânea deveriam ser ensinados na Engenharia?

Enviar

Nunca envie senhas em formulários do Google.

Powered by
Google Drive

Este conteúdo não foi criado nem aprovado pelo Google.
[Denunciar abuso](#) - [Termos de Serviço](#) - [Termos Adicionais](#)

Apêndice 3: Apresentação da pesquisa da segunda “rodada”

FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO DE ENGENHARIA

Prezado (professor ou pesquisador ou engenheiro)

Obrigado por responder ao primeiro questionário do estudo Delphi que estamos fazendo sobre o tema: “Quais tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) deveriam ser ensinados nos cursos de engenharia”. A técnica Delphi é um instrumento para identificar um possível consenso entre especialistas em relação a certo problema.

Passamos agora para a segunda rodada dessa pesquisa onde listamos os tópicos sugeridos em uma escala para que você se posicione sobre se concorda ou não com a sua inclusão no ensino da Engenharia.

Este questionário, que pode ser acessado pelo link abaixo, é bem curto e objetivo, e demanda no máximo 2 minutos.

<http://goo.gl/forms/pycCEzmQiX>

Desde já agradecemos pela sua valiosa contribuição.

Com os nossos melhores cumprimentos

Tadeu Samuel Pereira

Mikael Frank Rezende Junior

Apêndice 4: Imagem do questionário da segunda “rodada” do “Google docs”

Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Engenharia

CT = Concordo totalmente que deveria ser ensinado
 C = Concordo que deveria ser ensinado
 NO = Não tenho opinião em relação a este item
 D = Discordo que deveria ser ensinado
 DT = Discordo totalmente que deveria ser ensinado

*Obrigatório

*Analisando-se a escala acima (escala Likert), qual o seu posicionamento diante dos tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) sugeridos na primeira "rodada" que poderiam ser ensinados na Engenharia? **

*Analisando-se a escala acima (escala Likert), qual o seu posicionamento diante dos tópicos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) sugeridos na primeira "rodada" que poderiam ser ensinados na Engenharia? **

	CT	C	NO	D	DT
Efeito fotoelétrico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Função de onda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Física do estado sólido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Introdução à Mecânica Quântica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Origem do universo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Princípio da incerteza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partículas elementares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiação térmica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radioatividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Semicondutor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Supercondutores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Teoria da Relatividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Física atômica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Nome:

Apêndice 5: Apresentação da pesquisa da terceira “rodada”

Prezado Sr(a),

Agradecemos imensamente sua participação nos dois primeiros questionários do estudo Delphi sobre o tema “Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Engenharia”.

Como parte da técnica Delphi, nesta última “rodada” há a oportunidade de revisar suas posições, contrastando-as com os resultados gerais dos demais respondentes, e que estão apresentados na tabulação. Isso pode ser feito acessando o link

<http://goo.gl/forms/KgNhYy5FC0>

Caso haja modificações a fazer em suas respostas, solicitamos que seja feito no formulário tal registro, pois isso será fundamental para nossa análise.

Finalmente, solicitamos que você se posicione novamente frente aos mesmos tópicos atribuindo um escore numérico para cada item que seja 1, 2, 3, 4 ou 5, onde 5 representa o grau de máxima prioridade que você atribui para o tópico em questão para sua possível inclusão no ensino de Engenharia.

Mais uma vez enfatizamos que toda e quaisquer informação sobre os respondentes serão mantidas em absoluto anonimato.

Com nossos melhores cumprimentos, ratificamos protestos de grande agradecimento.

Tadeu Samuel Pereira

Mikael Rezende Junior

Apêndice 6: Modelo de um questionário enviado a um participante da terceira “rodada”

Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Engenharia

*Obrigatório

Tabela 1 - Suas respostas e tabulação

TEMAS	SUA RESPOSTA	TABULAÇÃO DE TODAS RESPOSTAS				
		CT	C	NO	D	DT
Efeito fotoelétrico	CT	55,6%	27,8%	13,9%	2,8%	0,0%
Função de onda	CT	47,2%	41,7%	8,3%	2,8%	0,0%
Física do estado sólido	CT	61,1%	25,0%	8,3%	5,6%	0,0%
Introdução à Mecânica Quântica	CT	41,7%	44,4%	5,6%	5,6%	2,8%
Origem do universo	C	8,3%	33,3%	38,9%	19,4%	0,0%
Princípio da incerteza	C	36,1%	47,2%	11,1%	5,6%	0,0%
Partículas elementares	CT	30,6%	41,7%	19,4%	8,3%	0,0%
Radiação térmica	C	47,2%	33,3%	16,7%	2,8%	0,0%
Radioatividade	NO	41,7%	27,8%	22,2%	5,6%	2,8%
Semicondutor	CT	69,4%	19,4%	8,3%	2,8%	0,0%
Supercondutores	C	61,1%	22,2%	16,7%	0,0%	0,0%
Teoria da Relatividade	NO	30,6%	41,7%	19,4%	5,6%	2,8%
Física atômica	NO	41,7%	36,1%	11,1%	11,1%	0,0%

PARA REVISAR SUAS POSIÇÕES, ACESSE O LINK:

https://docs.google.com/forms/d/1GRVpzbTh4dsIsBfTTyR8CovdeJmhPLXOXooYN8-sHsQ/viewform?usp=send_form

*Atribua um escore numérico para cada tópico onde 5 representa o grau máximo de prioridade **

	1	2	3	4	5
Efeito fotoelétrico	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Função de onda	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Física do estado sólido	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Introdução à Mecânica Quântica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Origem do universo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Princípio da incerteza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Partículas elementares	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radiação térmica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Radioatividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Semicondutor	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Supercondutores	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Teoria da Relatividade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Física atômica	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>