

# A FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA FORMAÇÃO DE ENGENHEIROS: A CONCEPÇÃO DE FORMADORES<sup>1</sup>

MODERN AND CONTEMPORARY PHYSICS IN ENGINEERING EDUCATION:  
THE CONCEPTION OF ENGINEERS EDUCATORS

DOI: 10.5935/2236-0158.20180005

Ana Paula Grimes de Souza,<sup>2</sup> José Francisco Custódio,<sup>3</sup> Mikael Frank Rezende Jr.<sup>4</sup>

## RESUMO

Atualmente, o perfil de formação do engenheiro é multifacetado e tem o compromisso de suprir as necessidades da indústria brasileira em setores prioritários da economia. Nesse sentido, consideramos importante analisar como os saberes de Física Moderna e Contemporânea (FMC) se fazem presentes na formação e atuação desses profissionais, vistas as muitas possibilidades de atuação desse profissional. Neste artigo, analisamos a concepção de formadores de engenheiros sobre o papel da FMC em cursos de engenharia e em atividades na indústria. Foram entrevistados dez docentes atuantes em duas instituições públicas de Ensino Superior brasileiras. Os dados foram analisados por intermédio da Análise Textual Discursiva. Concluímos que, em alguns cursos, há uma tradição que privilegia a Física Clássica em detrimento da FMC. Além disso, alguns formadores consideram que seria um gasto cognitivo muito grande por parte dos alunos investir na aprendizagem de FMC, tendo em vista a perspectiva incerta de uso na atuação profissional. Por fim, evidenciou-se que o baixo fomento do governo em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) ressoa no surgimento discreto da FMC na estrutura curricular dos cursos de Engenharia.

**Palavras-chave:** Física Moderna e Contemporânea; formação de engenheiros.

## ABSTRACT

Currently the engineer education is multifaceted and committed to meeting the needs of Brazilian industry in priority sectors of the economy. In this sense, we consider important to analyze how the knowledge of Modern and Contemporary Physics (MCP) are present in the education and performance of these professionals. In this paper, we analyze the educator engineer's conception about the role of MCP in Engineering courses and activities in the industry. We interviewed ten teachers active in two public institutions of higher education Brazilian. Data were analyzed through Discursive Textual Analysis. We conclude that in some courses there is a tradition that favors classical physics at the expense of MCP. In addition, some engineering educators consider it would be a very large cognitive cost by the students invest in learning MCP, given the uncertain prospect of use in professional practice. Finally, it became clear that the low investment of the government in research and development (R&D) resounds in the discreet appearance of FMC in the curriculum of engineering courses.

**Keywords:** Modern and Contemporary Physics, engineers education.

1 Este é o segundo de uma série de três artigos sobre a Física Moderna e Contemporânea (FMC) na formação de engenheiros. Nele enfocamos as concepções de formadores sobre a FMC na formação desses profissionais. O primeiro artigo focalizou os currículos de cursos de Engenharia de duas instituições públicas brasileiras. O terceiro artigo irá focar concepções de engenheiros em atuação na indústria sobre a FMC na formação em Engenharia.

2 Professora Mestre, UNISOCIESC, SC/Brasil; anapaulagrimes@gmail.com

3 Professor Doutor, Departamento de Física, UFSC, SC/Brasil; j.custodio@ufsc.br

4 Professor Doutor, Instituto de Física e Química, UNIFEI, MG/Brasil; mikael@unifei.edu.br

## INTRODUÇÃO

A FMC constitui-se por um corpo de conhecimentos que abrange os avanços científicos e tecnológicos desenvolvidos a partir do século XIX, tendo como propulsores a Teoria da Relatividade Restrita, proposta por A. Einstein, e a ideia de *quanta*, proposta por M. Planck, conjuntamente com todo o desenvolvimento posterior da Mecânica Quântica. Seu impacto inaugurou um novo período que modificou não somente a nossa visão de mundo, mas a visão da própria Física e das tecnologias. Contudo, raramente esses elementos estão presentes nos cursos voltados a áreas tecnológicas, como no caso das engenharias, onde a ausência desses elementos suprime da formação tecnológica todas as benesses teóricas e seus desenvolvimentos decorrentes.

Na formação de engenheiros, desde os primeiros artesãos da pré-história, que cravaram a pedra fundamental da Engenharia, muita coisa mudou (BAZZO; PEREIRA, 2006). Diferentemente da Engenharia do passado – aquela em que o homem trabalhava com base na prática transmitida pelos antecedentes, confiando na sua experiência e na sua criatividade –, a Engenharia moderna caracteriza-se, principalmente, pela utilização de conhecimentos de ciências como Física, Química, Biologia, Computação, entre outras, na solução de problemas práticos (BAZZO; PEREIRA, 2006; LEMES; REZENDE JUNIOR, 2011), além de cada vez mais preocupar-se com os contextos social, ambiental, econômico e político para que tais soluções favoreçam a sociedade (CORDEIRO *et al.*, 2008).

Com o passar dos anos, muita coisa mudou em relação às práticas da Engenharia e à formação de engenheiros. O campo de atuação do engenheiro, incluindo seu contexto social e econômico, foi alterado radicalmente, principalmente no final do século XX. Isso se deve, entre diversos fatores, ao surgimento de novas tecnologias – da informática, das telecomunicações, das nanotecnologias –, que, além de proporcionarem novas ferramentas, alteraram profundamente os processos de trabalho desses profissionais.

Com essa mudança no mercado de trabalho dos engenheiros, novos perfis de formação foram sendo exigidos das instituições formadoras, abrindo discussões constantes sobre o “engenheiro do futuro” – a necessidade de uma formação com foco regional, de acordo com a situação econômica e o desenvolvimento tecnológico da nação; um currículo marcado por competências e habilidades; a quebra de paradigmas dentro dos cursos de Engenharia, tanto no modo de ver a Ciência e a Tecnologia como no modo de ensiná-las –, entre muitas outras inquietações que abrangem a formação desse profissional.

Entre as diversas preocupações, há muitas visões sobre quais conteúdos devem fazer parte do currículo de um curso de Engenharia e quais competências e habilidades devem ser desenvolvidas pelos graduandos para que, quando formados, atendam adequadamente à sociedade (SILVEIRA, 2005), além de muitas discussões acerca de como ensinar determinados conteúdos para os futuros engenheiros.

Tendo em vista essa gama de funções e propostas para o perfil de formação do engenheiro, compreendemos ser importante analisar como os conhecimentos de Física, em especial os de FMC, se fazem presentes na formação e atuação desses profissionais, a fim de identificar possíveis defasagens/necessidades na formação de futuros engenheiros. Como os formadores são os que de fato materializam o currículo das engenharias, analisar a concepção deles sobre o papel da FMC nos cursos de Engenharia é fundamental para esse objetivo.

## O PERFIL DA FORMAÇÃO DO ENGENHEIRO

Ao discutir sobre os variados perfis de formação encontrados na academia, na sociedade e no mercado de trabalho, Silveira (2005) define primeiramente o conceito que circunscreve o termo “perfil de formação”. Para o autor, o termo significa:

[...] a escolha das características principais a serem perseguidas pela escola na formação dos engenheiros dentro dos *quatro campos*, descrevendo as atividades profissionais, seguida, eventualmen-

te, de uma lista das competências a serem prioritariamente desenvolvidas e dos valores defendidos pela escola (SILVEIRA, 2005, p. 61).

Os quatro campos citados pelo autor dizem respeito i) às funções exercidas pelo engenheiro, ii) aos tipos e à profundidade dos conhecimentos necessários (desde um treinamento técnico, conhecimento científico, social e gerencial), iii) aos saberes relativos a cada modalidade e iv) ao escopo da atividade do engenheiro (pesquisa, projeto, administração).

O autor complementa explicando que, de forma geral, o perfil de formação do profissional é um “[...] conjunto de objetivos a serem alcançados pela proposta curricular [...]” (SILVEIRA, 2005, p. 61), o qual informa as intenções oficiais da instituição sobre as características do profissional que pretende formar.

Já o Conselho Nacional de Educação e a Câmara de Educação Superior, segundo a resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002, instituíram as Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia (DCNCE), definindo os princípios, os fundamentos, as condições e os procedimentos da formação de engenheiros. Tais diretrizes devem ser aplicadas na organização, no desenvolvimento e na avaliação dos projetos pedagógicos dos cursos de graduação em Engenharia das Instituições de Ensino Superior (IES) no Brasil.

Além disso, as Diretrizes relatam 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 a res-

ponsabilidade 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).

Com a ideia do desenvolvimento de competências e habilidades, e não mais uma grade de disciplinas com cargas horárias preestabelecidas, as DCNCE apresentam uma concepção de currículo privilegiando a flexibilidade e a liberdade das IES na elaboração de suas estruturas curriculares. Substituindo a antiga Resolução nº 48/76 (que fixava os mínimos de conteúdo, duração do currículo e definia as áreas e habilitações), as DCNCE se destacam também pela proposta de uma formação que vai além da técnica, trazendo uma formação generalista e humanista, além da motivação à participação mais ativa do graduando em seu processo de formação (CORDEIRO *et al.*, 2008).

Segundo Silveira (2005), as DCNCE passam a impressão de querer formar um profissional “utópico”, frente ao grande número de competências e habilidades propostas para os futuros profissionais. No entanto, o autor defende que o documento apenas visa a situar o papel social do engenheiro e sua área de atuação, apresentando características desejáveis e importantes, dentre as quais as instituições devem assinalar prioridades, a fim de definir o perfil de formação a que se propõe.

Para além das DCNCE, ressaltamos que pesquisas também apontam para a necessidade de uma formação técnica, científica e tecnológica, além de uma formação crítica e reflexiva, voltada para a cidadania. Assim, destacamos, conforme Bazzo e Pereira (2006), a importância de uma sólida fundamentação em conhecimentos das Ciências da Natureza, incluindo a Física e suas teorias (clássicas e modernas) para a formação do engenheiro.

## PERCURSO METODOLÓGICO

Com vistas a compreender a importância dos conteúdos de FMC para a formação de engenheiros e a relação desses conhecimentos com a prática da Engenharia, a pesquisa de na-

tureza qualitativa é a que apresenta as características mais adequadas a este trabalho.

Para a coleta de dados, foram utilizados como instrumentos as entrevistas semiestruturadas, as quais nos permitiram identificar as concepções dos formadores sobre a importância e necessidade de conhecimentos de FMC na formação e atuação de engenheiros. As entrevistas foram gravadas em áudio e posteriormente transcritas para análise. Por questões éticas, os participantes da pesquisa assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, o qual explica os objetivos da pesquisa e garante sigilo da sua identidade.

Para analisar as entrevistas realizadas, utilizamos como instrumento analítico o processo da Análise Textual Discursiva (ATD), com base em Moraes e Galiazzi (2007). Segundo Moraes (2003, p. 192), a ATD pode ser compreendida como “[...] um processo auto organizado de construção de compreensão em que novos entendimentos emergem de uma sequência recursiva de três componentes: unitarização, categorização e comunicação”.

## Amostras

Foram escolhidos cinco formadores de engenheiros que atuam em uma instituição pública de Ensino Superior do estado de Santa

Catarina, denominada aqui de IES1; além de cinco formadores de outra instituição pública de Ensino Superior do estado de Minas Gerais, denominada de IES2.

Os critérios de escolha dos dez formadores que participaram da pesquisa foram os seguintes: (i) atuar na modalidade Engenharia Elétrica ou Engenharia Eletrônica ou Engenharia de Materiais; (ii) ser engenheiro por formação; (iii) disponibilidade em participar das entrevistas.

A opção pela escolha de engenheiros formadores nas áreas de Engenharia Elétrica, Eletrônica ou Materiais deveu-se a maior proximidade dessas áreas em relação à FMC, conforme discutido em Souza, Custódio e Rezende Junior (2013).

Para fins de apresentação, os formadores de engenheiros entrevistados serão denominados F1, F2, F3, F4, F5, F6, F7, F8, F9 e F10.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme preconiza a ATD, o início da análise se deu pelo processo de unitarização, em busca das unidades de significado. O processo de seleção de unidades de significado permitiu que construíssemos as seguintes categorias: (1) Perfil do profissional engenheiro; (2) A FMC na formação e atuação dos engenheiros.

### Perfil do profissional engenheiro

Independentemente das modalidades investigadas, observamos nos formadores certa tendência para uma formação generalista, ou seja, uma preocupação em formar um profissional capacitado a resolver problemas, não importando a abrangência que estes possam ter. Essa visão dos entrevistados vai ao encontro do que é proposto pelas DCNCE, e pode ser observada na fala do formador F2:

**F2:** Eu acredito que ele [curso] tenta buscar todas as áreas [...] nossos alunos vão para o mercado sem muitos problemas com relação a essa visão mais global, tanto dessa área administrativa, né, como da área técnica. Com relação a esses dois pontos eu não vejo problemas nos nossos alunos e nessa parte humanitária eles são bastante preocupados [...]. Porque o engenheiro tem que resolver desde problemas interpessoais, tem que resolver problemas técnicos, problemas financeiros, pois, às vezes, o orçamento saiu mais que o previsto e vamos ter que dar um jeito mesmo sem o dinheiro.

Um aspecto que se destacou nas falas dos formadores foi a preocupação em relação às habilidades de empreendedorismo do futuro profissional. Três dos dez formadores entrevistados (F2, F6 e F10) mencionaram a importância de oferecer disciplinas voltadas para esse quesito ou, também, a necessidade de o curso reforçar essa abordagem na formação de engenheiros. Podemos observar tal aspecto na fala do formador F2:

**F2:** Eu acho que o que ele [curso] poderia reforçar um pouco mais [...] era reforçar na área de empreendedorismo, que os nossos alunos saíssem daqui mais habilitados a abrir suas próprias empresas.

Acho que esse é o ponto em que nosso curso deveria melhorar.

A preocupação com uma formação que propicie o desenvolvimento de habilidades de empreendedorismo também vem sendo discutida na literatura sobre Educação em Engenharia. Para Póvoa e Bento (2005, p. 5), “[...] está se tornando imprescindível que o profissional, em especial, o engenheiro, seja um empreendedor”.

Um perfil mais direcionado a uma formação científica mais aprofundada, ou seja, com grande extensão de conteúdos de Física, Cálculo e Química, foi mencionado apenas por um de nossos entrevistados, como podemos observar na fala de F3:

**F3:** Eu acho que o principal da formação é dar uma formação sólida básica, porque o engenheiro tem que ter uma carreira de 30 ou 40 anos. Então, tem que ter uma formação científica sólida para ser possível ter uma carreira técnica de 30 ou 40 anos.

O formador F3 foi o único dos entrevistados que, de forma recorrente, mencionava a importância da formação científica no processo formativo dos engenheiros. Com sua formação inicial na França, na década de 1970, o entrevistado relata que, na época, teve a oportunidade de ter um bom embasamento científico, com disciplinas a mais no ciclo básico do que aquelas propostas aqui no Brasil. Para F3, uma formação como essa é fundamental para que os engenheiros formados no país possam concorrer com aqueles formados em países desenvolvidos, além de ser essencial, se pensarmos em um engenheiro pesquisador ou que desenvolva tecnologias.

Por outro lado, F5 argumenta que o curso no qual leciona atualmente tem, prioritariamente, o intuito de formar uma pessoa mais adaptada a resolver problemas de imediato da indústria, em vez de uma formação mais voltada aos conhecimentos de base como Física, Cálculo e Química. No excerto a seguir, F5 deixa clara essa posição:

**F5:** [...] então, se busca aquela pessoa que tenha capacidade de resolver problemas da indústria de imediato, então, é muito voltada à questão industrial. Eu diria que é [uma formação] mais técnica/industrial

ou tecnológica/industrial do que científica mesmo.

Os formadores, de modo geral, não descartaram, em momento algum, a importância dessa formação científica. No entanto, não é um quesito que se destaca quando perguntamos quais as principais características do engenheiro que os cursos visam a formar ou que o mercado de trabalho procura. Quando induzidos a pensar sobre o papel da Física, do Cálculo e da Química na formação dos engenheiros, os formadores destacaram a importância desses conhecimentos de base para a formação daqueles profissionais. Os motivos elencados foram variados.

Cinco entrevistados (F1, F2, F4, F9 e F10) mencionaram a necessidade desses conhecimentos para o acompanhamento das disciplinas profissionalizantes, conforme revela a fala do formador F4:

**F4:** [...] mas quando ele [aluno] tem contato com as disciplinas profissionalizantes, quando se usa muita Matemática, em algumas áreas se usa muita Matemática, muita Física, muita Química, aí ele percebe que ele deveria ter entendido melhor aquela parte lá do básico, que aí ele poderia ter desempenhado melhor [...].

Nesses casos, os formadores não fizeram apontamentos sobre a importância dessas disciplinas para a atuação do profissional, mas sim para sua formação, a fim de propiciar uma base necessária às disciplinas profissionalizantes.

O formador F2 comenta que não se utiliza dos conhecimentos de Física e Cálculo, da forma como é ensinado, diretamente na indústria. F2 menciona que, vinculada aos conceitos aprendidos, está a importância do raciocínio lógico e da capacidade de resolver problemas que essas disciplinas proporcionam. De acordo com esse formador, não se resolvem grandes cálculos ou problemas de Física durante a profissão. No entanto, o profissional designado a resolver problemas tem de estar atento aos diversos imprevistos que possam surgir, recordando, principalmente, de conceitos de Física para resolver determinadas situações. No extrato a seguir, F2 explica sua opinião:

**F2:** Eu trabalhei quatro anos na indústria antes de vir fazer mestrado, então, assim,

de verdade, não. Não usei a Matemática, não desse jeito, não com números, ela veio de uma forma abstrata. A Matemática, por exemplo, tanto a Matemática como a Física, me deram uma capacidade de abstração que eu não tinha, que eu vejo que a maioria dos profissionais não tem. [...] O conhecimento de Matemática e Física na Engenharia, na prática, não é pontual do tipo vou fazer continha ou usar aquele equacionamento matemático, ele é um pouco mais abstrato na Engenharia, vem com conhecimentos mais básicos e noção de aplicação.

Além da relevância de conhecimentos de Física, Cálculo e Química como base para as disciplinas profissionalizantes (mencionada pelos cinco entrevistados) e sua importância para o desenvolvimento do raciocínio lógico (mencionada por dois entrevistados – F1 e F2), três formadores (F3, F5, F7) relacionaram uma sólida base científica como importante tanto para a formação quanto para a atuação no mercado de trabalho, estando esse aspecto diretamente relacionado com a capacidade de ser um bom engenheiro.

Outro ponto importante que se fez presente nas falas de três entrevistados (F3, F5, F6) foi a relação dos conhecimentos de Ciência básica com a capacidade de desenvolvimento de novas tecnologias. A partir do momento em que se procura um engenheiro com esse perfil – de desenvolvimento tecnológico – para atuar no mercado de trabalho, ter uma fundamentação consistente de conhecimentos de Física, Química e Cálculo se faz fundamental na vida profissional, como podemos observar na fala de F5:

**F5:** E você tem que desenvolver tecnologia e para isso você tem que ter noção dos fundamentos, você tem que saber Física, você tem que saber Matemática, você tem que saber as coisas que você precisa para desenvolver aquilo que você está fazendo, para melhorar um processo. [...] ele [conhecimento científico] está sendo mais exigido [pelo mercado], mas eu não sei se a nossa universidade está respondendo ou não.

Observamos que, na opinião dos formadores, a necessidade de uma consistente formação em áreas como Física, Cálculo e Química

não se restringe à sua utilização em disciplinas profissionalizantes nem ao desenvolvimento do raciocínio lógico, pois tais aspectos reforçam a formação, dado o leque de oportunidades de trabalho de um engenheiro na atualidade, onde esses conhecimentos se fazem presentes não apenas na sua atuação direta, mas também fundamentam cada vez mais o desenvolvimento de tecnologias. Conforme defendem Bazzo e Pereira (2006), mesmo diante das recorrentes mudanças nas áreas de atuação desses profissionais, por meio de superação de técnicas e tecnologias, uma consistente formação tecnológica é essencial e duradoura na vida do engenheiro, e um sólido embasamento científico contribui para que isso aconteça.

As evidências apontam que o perfil do engenheiro, na concepção dos formadores, se coaduna, em certa medida, com as DCNCE, as quais preconizam o engenheiro de múltiplos enfoques. Mas, embora seja estabelecido um leque de quesitos importantes para um engenheiro, algumas habilidades ou alguns enfoques vêm sendo privilegiados na formação e atuação de engenheiros. Um deles é a formação técnica, ou seja, um engenheiro voltado para resolver problemas práticos da indústria, e uma formação voltada para habilidades comportamentais e administrativo-gerenciais.

Há uma tendência de os profissionais engenheiros iniciarem na carreira atuando mais na parte técnica e, conforme evoluem na profissão, assumirem cargos administrativos. Conforme assinala F2:

**F2:** Depois de cinco anos dentro de uma empresa, você não é mais técnico. É muito difícil você sentar na frente de um computador para fazer alguma coisa, ou na frente de um circuito eletrônico. [A gerência] é a carreira mais comum. E aí você vai subindo para áreas administrativas, gerenciais, pessoas, não sei o quê, e aí chega um ponto da sua carreira que você nunca mais vai fazer nada técnico e não tem como voltar atrás. Aí, é muito triste.

Sobre a relação do profissional engenheiro com o desenvolvimento de tecnologias, os formadores suscitaram opiniões distintas. F1, F2, F4, F5, F6, F9 concordam que o mercado de trabalho busca profissionais aptos a aplicações

de tecnologias já prontas. Isto é, capacitados para o desenvolvimento de produtos a partir de outros já criados, uma vez que se consegue ter um tipo de inovação “juntando peças” que já existem. São profissionais competentes em utilizar a tecnologia, porém, sem conhecer suas minúcias. Tais aspectos podem ser observados nas falas dos formadores F4 e F9:

**F4:** Eu acho, em minha opinião, que o recém-formado que vai para o mercado, ele está mais preparado para utilizar a tecnologia, mas ele tem potencial, ele tem potencial para ser criativo, para inovar. Isso depende muito do meio em que ele se encontra, porque nós, no Brasil, temos poucas empresas que trabalham no sentido de inovar, a maioria das nossas empresas são empresas que adquirem tecnologia e implantam a tecnologia e utilizam, mas as que inovam são poucas.

**F9:** Em termos de mercado, não. O mercado contrata engenheiros para resolver problemas de chão de fábrica. É uma característica brasileira. Quando a gente pega indústrias multinacionais, isso melhora um pouco, mas quando a gente pega indústria brasileira, ela quer um técnico com boa formação [...] a nossa indústria, os nossos empresários, eles querem seguir a cartilha. A gente percebe muito isso, principalmente com projetos que a gente está desenvolvendo com empresas, é muito difícil [...] que ele [o dono da empresa, vá] tirar dinheiro do bolso para investir em Ciência e Tecnologia.

O formador F7 também revela sua preocupação em formar um profissional que não será útil apenas para “apertar um botão”, mas sim formar alguém que possa ir muito além quando solicitado. E para que isso seja possível, o formador acredita que o engenheiro precisa de um “[...] bom embasamento científico e conhecimentos de novas tecnologias” (F7).

Nesse sentido, o formador F2 ressalta que, no Brasil, sempre estamos “um passo depois” na questão de tecnologias. A preocupação da indústria nacional não está associada ao desenvolvimento de base, a construir algo inovador, mas a comprar tais desenvolvimentos e aplicá-los conforme a necessidade da indústria.

Mesmo que o país possua a matéria-prima necessária, não há grandes investimentos para o desenvolvimento de novos produtos. O formador F2 cita que o Brasil, por exemplo, não produz circuito integrado em escala industrial: “[...] nós vendemos silício e compramos circuitos integrados [...]”; ou mais simples ainda: “[...] nós vendemos ferro e compramos panela”. Segundo F2, as grandes empresas responsáveis pelos maiores lucros no Brasil, com maiores vendas de ações em bolsas, não são empresas que manufacturam algum tipo de produto e exportam, mas sim empresas dos setores extrativistas.

Falas como essa corroboram o estudo da Sociedade Brasileira de Física (SBF), realizado em 2007, o qual aponta que o lucro das empresas que dependem de tecnologia no Brasil é muito pequeno, além de decrescente, quando comparado ao de empresas dos ramos extrativista, siderúrgico e energético. O que mais afeta o setor dependente de tecnologia são os altos juros, uma vez que investimentos em Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) são altamente lucrativos quando pensamos em longo prazo, mas raramente apresentam retorno em prazos curtos. Conforme aponta o estudo da SBF, quando o custo do capital fica muito alto, as empresas se vêm forçadas a limitar seu esforço em desenvolvimento tecnológico.

### **A FMC na formação e atuação dos profissionais engenheiros**

Essa categoria foi destinada à discussão sobre o ensino de FMC nas engenharias e a presença desses conhecimentos na atuação do profissional engenheiro. Além disso, versa sobre quais seriam os conteúdos de Física mais importantes para a formação dos engenheiros. Surgiram, nessa categoria, opiniões distintas entre os formadores.

Dos três formadores com enfoque maior em Engenharia Elétrica, dois deles (F1 e F7) apontaram o eletromagnetismo como essencial para a formação de um engenheiro nessa modalidade. O formador F1 arrisca dizer que não enxerga uma aplicação imediata das outras disciplinas de Física que englobam “Estática e Mecânica”, por exemplo. Na fala desse professor, percebemos uma visão particular sobre o

Ensino de Física nas engenharias, pois os conhecimentos de Física poderiam ser reduzidos a duas disciplinas, abordando tudo o que esteja relacionado às quatro equações de Maxwell. O formador menciona também que considera exagero propor uma disciplina de Mecânica Quântica (MQ) para o curso de Engenharia Elétrica:

**F1:** É claro que isso é minha opinião e tem gente que diverge completamente desses conceitos, acha que tem que ter MQ, sei lá o que [...] eu já acho que não, se eu botar num curso de Engenharia Elétrica de MQ [...] não é o nosso negócio aqui, entendeu?

Semelhante ao formador F1, F7 acredita que os conhecimentos denominados por eletromagnetismo são os principais para os egressos da modalidade Engenharia Elétrica. F7 acrescenta também a importância do estudo de semicondutores. Segundo F7, estudos sobre termodinâmica também podem ser importantes, pois “[...] ao desenvolver um equipamento tem que ter conhecimento da parte térmica desse equipamento”.

Já para F2, também formador voltado à área de Engenharia Elétrica, todas as disciplinas conhecidas como “Físicas básicas” são essenciais. F2 acredita que reduzir o número de disciplinas de Física e Cálculo limitaria a formação do profissional engenheiro, aproximando-a da formação de um tecnólogo. F2 é um dos formadores que acredita que toda essa abordagem básica da Física é essencial para o desenvolvimento do raciocínio lógico dos graduandos, propiciando ao futuro engenheiro a capacidade de resolver problemas.

Nas opiniões de F3 e F6, a FMC começa a se fazer mais presente. O formador F3 começa relatando a principal diferença entre o curso de Engenharia Elétrica e o curso de Engenharia Eletrônica (na IES1), em sua opinião. Para F3, é essencial que se tenha conhecimentos de FMC num curso de Engenharia Eletrônica, tanto que o curso oferece uma disciplina de MQ. Ele acredita que os demais cursos deveriam acompanhar essa formação básica em Física, inclusive a modalidade Elétrica, a qual ele critica por só apresentar conceitos da Física desenvolvida até 1900.

**F3:** Mas eu acho que os alunos de Engenharia Elétrica deveriam receber essa mesma formação, mas não recebem. O aluno de Engenharia Elétrica está sendo formado para gerenciar um sistema essencialmente hidroelétrico. Mas eu acho que se pensássemos nos próximos 40 anos, você vai ter nuclear, fusão talvez, outras energias, e para que o engenheiro seja criativo nisso, precisa de conhecimento de novos materiais e para isso precisa de formação de Física sólida. Em minha opinião, o curso de Engenharia Elétrica também precisa de uma formação sólida em Física Moderna, mas isso não é o caso.

F6, por sua vez, considera que conteúdos como semicondutores são essenciais para um profissional que siga carreira tanto na Engenharia Eletrônica como em Engenharia da Computação (outro curso no qual leciona). Na visão do entrevistado, sem entender o funcionamento de determinados dispositivos, o engenheiro pode não conseguir aplicá-los bem.

Apesar de todos os formadores da área de Materiais serem a favor de oferecer uma grande carga horária de Física básica, geralmente distribuída em quatro disciplinas de Física, apenas F5, F8 e F10 mencionaram algo relacionado à FMC. F5 comenta a importância de se conhecer o mundo atômico e, assim, teorias acerca da estrutura da matéria. Já o formador F10, ao mencionar todas as Físicas que ele acredita serem importantes, inclui a Física IV, na qual há tópicos de MQ.

Quando solicitados a elencar os principais conteúdos de Física para o curso de Engenharia no qual atuam, poucos formadores citaram explicitamente conteúdos de FMC. F1, por exemplo, acredita ser um exagero oferecer um curso de MQ para a modalidade da Engenharia Elétrica, conforme já mencionamos, pois o egresso, hoje, não “está muito preocupado com isso” na sua atuação. Aparentemente, a FMC perde relevância para o engenheiro formado, que provavelmente não se dedicará a desenvolver novos dispositivos, novos materiais, mas sim utilizar ou inovar a partir daqueles já desenvolvidos. Em outra fala, F1 expressa, novamente, que há a necessidade de se ensinar bem Física Clássica e que, se o interesse pela FMC

surgir posteriormente, o egresso pode procurar cursos em outros lugares, mas que a graduação provavelmente não é lugar para isso.

Na fala do formador F2, também da modalidade Elétrica, percebemos algumas semelhanças com as falas de F1. Ambos acreditam que, para Engenharia Elétrica, a FMC é menos relevante, conforme o seguinte relato de F2:

**F2:** Porque, assim, a Elétrica, principalmente aqui da IES1, é bastante voltada para sistemas de energia, principalmente para alta potência. Nesse caso, eles já não usam muito a parte de Física Quântica, diferente da Eletrônica. Na Eletrônica é outra abordagem, digamos assim, da Elétrica, que vai para sistemas menores, ela está mais para a cara da Física. A área de sistemas de potência está na geração de energia, de distribuição de energia elétrica, de máquinas e a Física Quântica eu não vejo aplicação direta.

Todavia, F2 não descarta que a FMC poderá ser cada vez mais necessária nos próximos anos:

**F2:** Eu dou matéria de transdutores, que são sensores; a gente usa os sensores, entende, os alunos usam, aplicam os sensores prontos. A gente não estuda como se faz um sensor, infelizmente, aí vai para a área de materiais, é o que eu espero. É que eu tenho que abrir a curiosidade do aluno para como usar aquilo “como eu vou usar, para que usar”. A impressão que eu tenho, eu estou falando de indústria, não de engenheiro pesquisador, ele ainda vê isso de uma forma microscópica, e não macroscópica, e a FQ vai para o microscópico.

F2 deixa claro que, no curso, em algumas disciplinas profissionalizantes, o mais importante é fazer com que o aluno saiba utilizar a tecnologia, e não necessariamente como ela funciona ou pode ser desenvolvida.

O formador F3, do curso de Engenharia Eletrônica da IES1, foi um dos poucos formadores que defendeu abertamente o ensino de FMC nos cursos de Engenharia. Inclusive, declarou ser o responsável pela existência de uma disciplina de Estrutura da Matéria no currículo do curso. Na concepção de F3:

**F3:** Para começar, para entender o transistor, ele é de material semicondutor e você tem que conhecer a equação de Schrödinger do potencial periódico, senão você não está formando engenheiro, estamos formando técnicos. O engenheiro precisa ter conhecimentos de Física, primeiro para entender, para utilizar, para projetar, para desenvolver para a frente [...] nós já estamos nas nanotecnologias.

Em contraste, do ponto de vista de F4, do curso de Engenharia de Materiais, a FMC tem sua importância na formação dos engenheiros, porém, sua utilização é muito relativa no mercado de trabalho. F4 faz uma ressalva, alertando que é necessário atender primeiramente a realidade em torno do curso. Ou seja, pode ser que poucas indústrias necessitem de profissionais com esse conhecimento de FMC.

F4 comenta ainda que, na estrutura curricular do curso, a extensão da FMC proposta atende a necessidade dos futuros profissionais. Entretanto, acredita na importância de se ter mais práticas laboratoriais. Na visão de F4, além de aprender, por exemplo, difração de raios-X e estrutura cristalina numa aula teórica de Física, é importante que o aluno tenha acesso ao laboratório e realize experimentos. F4 relata que os alunos só conseguem ter compreensão aprofundada desses conceitos e técnicas na pós-graduação, quando precisam fazer alguns experimentos em suas pesquisas.

Na concepção de F5, também formador da modalidade de Materiais, os conteúdos de FMC são muito importantes para os futuros profissionais, como podemos ver na fala a seguir.

**F5:** Eu acho que sim, extremamente importante. Principalmente, porque a palavra da moda agora é nano, né? Tudo muito pequeno. E isso tem tudo a ver com materiais: “ah vou misturar uma nanofibra para melhorar tal propriedade” isso tudo passa por materiais. Eu acho que para materiais é essencial essa Física Moderna.

F5 relata também que, se o curso não ficar mais atento a essa formação de base, incluindo FMC, poderá formar profissionais cada vez mais próximos a tecnólogos. No excerto a seguir, essa ideia é expressa por F5:

**F5:** Nós somos quase um curso tecnológico, a gente forma tecnólogos aqui, nós não estamos formando engenheiros. E não sou só eu que falo isso, tem mais gente que fala. Nós estamos formando um tecnólogo de luxo, é melhor que um tecnólogo e pior que um engenheiro.

O formador F6, da modalidade de Eletrônica, salienta a importância da física dos semicondutores para o entendimento de tecnologias, e que um curso que exclua esses saberes forma profissionais muito menos capacitados ao desenvolvimento tecnológico.

**F6:** Eu enxergo que a falta de domínio da física dos semicondutores tem levado os alunos a usarem cada vez mais os transistores como caixas pretas [...]. Então, a gente está criando, infelizmente, com essa formação na graduação, aplicadores de tecnologia. Só restando para alunos que procuram o exterior [...] só para eles tem sobrado o desenvolvimento de novas tecnologias. [Para o] nosso aluno de graduação normal, aonde, infelizmente, a carga de disciplinas é muito grande, não sobra tempo para ele conhecer a fundo a tecnologia de semicondutores.

Como podemos observar, F6 comentou sobre a falta de tempo para que se entre a fundo na teoria dos semicondutores, optando-se por uma abordagem mais artificial, apenas de aplicações. Nesse momento, nossa convicção inicial de que há a necessidade de se refletir sobre os conhecimentos de Física ensinados nos cursos de Engenharia se faz fortemente presente. Como a falta de tempo é um fator que dificulta o ensino de tais conteúdos (tempo esse ocupado em grande parte pela Física Clássica), é necessário pensar em reestruturar os conteúdos de Física ensinados atualmente, levando em conta quais são as maiores necessidades de cada modalidade.

Na concepção de F8, formador da modalidade de Materiais, a única disciplina que poderia apresentar alguns conteúdos de FMC, denominada Técnicas de Caracterização de Materiais, se atém muito mais à técnica do que ao funcionamento. Apenas na pós-graduação os alunos têm a oportunidade de entender o que está por trás da técnica. Mas, para F8, isso não é um grande problema. O aluno que sair

sem aprender FMC não sairá “sem saber fazer nada”, pelo contrário, ele estará preparado para responder a outras perguntas que não necessariamente precisam de respostas com esse nível de aprofundamento. Indagado sobre quais conteúdos de FMC elencaria como os mais importantes, F8 comenta que não há a necessidade de se chegar “[...] na parte de Schrödinger [...]”, por exemplo.

O formador F9, da modalidade de Materiais, acredita que, para os egressos desse curso, o conteúdo mais importante de FMC é o de semicondutores. Como esses conhecimentos estão fortemente relacionados com sua pesquisa, isso faz com que o formador associe a FMC de alguma maneira à formação e atuação de engenheiros de materiais.

Por fim, para o formador F10, também da modalidade de Materiais, a FMC é importante em especial para a área de cerâmica. F10 menciona que o curso não possui todas as físicas básicas, incluindo aquela que engloba FMC, mas que seria fundamental que o curso a oferecesse.

Outro ponto explorado em nossa investigação diz respeito à relação da FMC com a indústria. Os formadores F3, F4 e F5 reconheceram alguma ligação entre os conhecimentos de FMC e a atuação dos engenheiros nas indústrias. Para os demais, isso ainda é algo distante, pelo menos se pensarmos apenas no mercado brasileiro.

O formador F4, por exemplo, argumenta que existe aplicabilidade na indústria para esses conhecimentos:

**F4:** Sim, exemplo disso é a nanotecnologia que tem aplicações em diversos setores industriais. A Engenharia de Materiais sintetiza e utiliza nanopartículas para a produção de materiais com propriedades específicas, tais como suportes catalíticos, pigmentos inorgânicos etc.

Já para F6, apenas os egressos que procuram chances de trabalho no exterior possuem reais oportunidades de utilizar conceitos avançados de Física, como a FMC, dentro de uma indústria:

**F6:** Os que vão para a área sim, já que no Brasil não tem muita oportunidade. Os que buscam vaga de trabalho no exterior

têm utilizado desses conhecimentos, pois cada vez mais os dispositivos têm tempo de vida curto e envolvem conceitos avançados de Física. Por exemplo, hoje nós temos transistores de tamanho de 45 nm, 20 nm, onde os efeitos físicos têm que ser muito bem conhecidos para usar bem esses dispositivos.

F3 apresenta uma visão um pouco distinta dos demais formadores. Ele ressalta a necessidade de não se pensar apenas no mercado de trabalho regional, mas preparar engenheiros para que possam competir com os profissionais de outros países, pois há pretensão em formar engenheiros que conheçam em profundidade as tecnologias já presentes no mercado de trabalho. Na visão de F3:

**F3:** O mercado de trabalho é global. Então, essa ideia de pensar no mercado de trabalho não faz sentido; o mercado é global, então não podemos formar pessoal com conhecimentos do século XIX. É um absurdo. Como é possível que o Brasil, com posição de destaque no mundo, fique pensando em formar pensando no mercado. Que bobagem é essa? O pessoal que trabalha como engenheiro tem que poder discutir e competir com colegas do mundo inteiro. E se você tem essa visão e é algo tão óbvio, será que vai precisar de conhecimentos da equação de Schrödinger? Sim, se queres entender porque tem corrente num óxido, num transistor. Se você imagina que engenheiro é um cara que coloca um paletó e abre um *laptop*, realmente não precisa nada, mas isso não é um engenheiro.

Percebemos, de modo geral, uma divisão nas opiniões dos entrevistados em relação a uma formação global e uma formação que esteja voltada mais aos aspectos regionais, ao que a indústria próxima necessita. Silveira (2005) traz alguns exemplos de universidades brasileiras que se preocupam em formar engenheiros voltados ao mercado regional, principalmente pelos convênios com indústrias locais. A nosso ver, esse fator também tem consequências na estrutura dos cursos de Engenharia. Como há cursos mais voltados às indústrias locais – e estas buscam determinado perfil de engenheiro que não necessariamente precisa de um extenso conhecimento de Física, Cálculo e Quími-

ca, incluindo conhecimentos de FMC –, não é surpresa que esses conhecimentos não se façam muito presentes nos cursos.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Procuramos neste artigo apresentar algumas reflexões tanto para os profissionais da Física que atuam em cursos de Engenharia quanto para os formadores da Engenharia, que são os responsáveis majoritários pela elaboração dos cursos de Engenharia. Julgamos importante que os docentes reflitam acerca do engenheiro que pretendem formar e de como a FMC pode auxiliar na consolidação desse perfil.

Nossos resultados mostraram que boa parte dos formadores acredita que a FMC é importante, mesmo sendo algo pouco presente na atuação desses profissionais. Os formadores das modalidades Eletrônica e Materiais são aqueles mais favoráveis à inserção e tratamento desses conteúdos nos cursos. Já para aos formadores na modalidade de Engenharia Elétrica, tais conhecimentos aparentam estar mais distantes. Para alguns formadores, apesar de a FMC não ser tão presente ainda na prática da Engenharia, ela é algo promissor para o futuro. Isso mostra que há opiniões divergentes entre os formadores, justificadas por diversos aspectos.

Um desses aspectos evidenciados pelos formadores é que a Física Clássica vem sendo privilegiada em detrimento da FMC. Aparentemente, o que já vem sendo proposto ao longo dos anos se torna suficiente para a formação dos engenheiros. Ou seja, existe uma tradição no ensino de Engenharia, eficaz na formação de bons profissionais, mas que dificulta a inserção de novos conteúdos como os oriundos do campo conceitual da FMC.

Outro elemento aliado a esse obstáculo para inserção de conteúdos de FMC é o risco de complexificar ou estender em demasia a formação científica de base nas graduações em Engenharia. Isto é, na concepção de alguns formadores, seria um gasto cognitivo muito grande por parte dos alunos para um uso incerto em poucas aplicações reais na atuação profissional.

Por meio de nossa análise, também ficou evidente que a tradição do Brasil na importação e adaptação de tecnologias ao mercado brasi-

leiro pode influenciar a opinião dos formadores sobre a estrutura desejável dos cursos de Engenharia. Nos relatórios de instituições como Sociedade Brasileira de Física (SBF, 2007) e Instituto Euvaldo Lodi (IEL, 2006) é denunciado o baixo investimento do governo federal, além de altos juros e pouco incentivo fiscal para que empresas possuam setores de P&D. Apesar de o Brasil já investir nos setores de nanotecnologia e semicondutores, tecnologias que surgiram graças ao avanço da FMC, tal investimento ainda é muito discreto se comparado a outros países. Em nossa visão, esse baixo fomento em P&D ressoa na presença discreta da FMC na estrutura curricular dos cursos de Engenharia e na opinião dos formadores sobre o impacto da FMC na formação de engenheiros.

## REFERÊNCIAS

- BAZZO, W. A.; PEREIRA, L. T. V. **Introdução à Engenharia**: conceitos, ferramentas e comportamentos. Florianópolis: Editora UFSC, 2006. 270 p.
- BRASIL. Conselho Nacional de Educação. Diretrizes Curriculares Nacionais do Curso de Graduação em Engenharia. Resolução CNE/CES nº 11, de 11 de março de 2002. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 abr., 2002.
- CORDEIRO, J. S. *et al.* Um futuro para a educação em Engenharia no Brasil: desafios e oportunidades. **Revista de Ensino de Engenharia**, Brasília, v. 27, n. 3, p. 69-82, 2008.
- IEL – INSTITUTO EUVALDO LODI. Núcleo Nacional. **Inova Engenharia**: propostas para a modernização da educação em Engenharia no Brasil. Brasília: IEL., 2006.
- 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.
- MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência e Educação**. Bauru, v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M, C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2007. 223 p.
- PÓVOA, J. M.; BENTO, P. E. G. **O engenheiro, sua formação e o mundo do trabalho**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, XXXIII, 2005, Campina Grande. Anais... Campina Grande: ABENGE, 2005.
- SILVEIRA, M. A. **A formação do engenheiro inovador: uma visão internacional**. Rio de Janeiro: PUC-RIO, Sistema Maxwell, 2005.
- SBF – Sociedade Brasileira de Física. **Física para um Brasil competitivo**. Brasília, 2007. Disponível em: <[http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos\\_diversos/publicacoes/FisicaCapes.pdf](http://www.sbfisica.org.br/v1/arquivos_diversos/publicacoes/FisicaCapes.pdf)>. Acesso em: 20 fev. 2013.
- SOUZA, A. P. G.; CUSTODIO, J. F.; REZENDE JR., M. F. **A Física Moderna e Contemporânea nos cursos de engenharia**: análises de currículos da UFSC e UNIFEI. In: XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2013. Anais... Gramado, 2013.

---

## DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES



**Ana Paula Grimes de Souza** – Licenciada em Física pela Universidade do Estado de Santa Catarina (2011) e mestre em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2014). É professora do Centro Universitário Tupy – UNISOCIESC e professora da Rede Estadual de Ensino de Santa Catarina.



**José Francisco Custódio** – Licenciado em Física (1999), mestre em Educação (2002) e doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2007). É professor adjunto do Departamento de Física da Universidade Federal de Santa Catarina, subcoordenador do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica e coeditor da revista *Alexandria* (UFSC). Tem experiência na área de Educação, atuando principalmente nos seguintes temas: Explicações, Modelos, Motivação para aprender e Sentimento de Realidade.



**Mikael Frank Rezende Junior** – Licenciado em Física (1998), mestre em Ensino de Ciências e doutor em Educação Científica e Tecnológica pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006). É professor associado da Universidade Federal de Itajubá – MG e colaborador no Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC. Tem experiência na área de Educação em Ciências e Tecnologias, com ênfase em Ensino de Física e Engenharia, atuando principalmente no tema: Introdução de Física Moderna e Contemporânea.