

Ciência e tecnologia na formação de professores: os semicondutores nas licenciaturas em ciências da natureza

Jeferson M. M. Macedo¹, Helena Calegari¹, Israel F. B. Pimenta¹,
Maria C. Bernazan¹, Riama C. Gouveia¹

¹ Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de São Paulo, Câmpus Sertãozinho

RESUMO

Ciência e tecnologia caminham juntas e a eletrônica, baseada nos semicondutores, é exemplo dessa relação. Assim, este trabalho: identificou assuntos sobre semicondutores que poderiam ser abordados em Física, Química e Biologia; analisou a presença desses assuntos nas Licenciaturas em Ciências da Natureza, verificou os conhecimentos que os professores possuem sobre o tema e desenvolveu uma sequência didática para abordagem do assunto na formação de professores. Como resultado destaca-se que, apesar das fortes relações entre semicondutores e ciências da natureza o assunto é pouco abordado nas licenciaturas, e que atividades práticas podem contribuir com os conhecimentos dos professores nesse assunto.

Palavras chave: semicondutores; formação de professores; ensino de ciências

ABSTRACT

Science and technology go together, and electronics, based on semiconductors, is an example of this relationship. Thus, this work: identified issues on semiconductors that could be approached in Physics, Chemistry and Biology; analyzed the presence of these issues in undergraduate courses in natural sciences; verified the knowledge that teachers have on the subject and developed a didactic sequence for teacher training courses. As results, it is highlighted that, despite the strong relationships between semiconductors and natural sciences, the subject is little discussed in the undergraduate courses, and that practical activities can contribute with the teachers' knowledge in this area.

Keywords: Semiconductors; teacher training; science teaching.

1. Introdução

A história da humanidade é marcada por transformações nos modos produtivos e de troca de informação, relacionadas diretamente ao desenvolvimento tecnológico: a agricultura, a imprensa, a revolução industrial.. (KNELLER, 1980). Um exemplo de desenvolvimento tecnológico que mudou de forma significativa as relações sociais é a eletrônica: com pouco mais de 100 anos de história a eletrônica hoje faz parte da vida pessoal e profissional de grande parte da população (ORTON, 2004; REZENDE, 2004). Por outro lado, a eletrônica tornou-se fundamental para o desenvolvimento do bem estar social, uma vez que está presente em áreas como medicina, agronomia,

eletrodomésticos, entre outras, e de forma marcante, na própria pesquisa científica (ORTON, 2004).

Para que exista uma contínua possibilidade de aprimoramento faz-se necessário que as pessoas de maneira geral, e os jovens em especial, entendam a tecnologia que os cerca. Para isso, é importante que esse tipo de conteúdo seja discutido em sala de aula desde a educação básica. Em relação a este ponto, afirma Pimenta (2008):

Assim, educar na escola significa ao mesmo tempo preparar as crianças e os jovens para se elevarem ao nível da civilização atual – da sua riqueza e de seus problemas – para aí atuarem. Isso requer preparação científica, técnica e social. Por isso, a finalidade da educação escolar na sociedade tecnológica, multimídia e globalizada, é possibilitar que os alunos trabalhem os conhecimentos científicos e tecnológicos, desenvolvendo habilidades para operá-los, revê-los e reconstruí-los com sabedoria.

O funcionamento dos dispositivos e equipamentos eletrônicos é baseado nas propriedades dos materiais semicondutores (REZENDE, 2004). Para compreender os semicondutores, por sua vez, são necessários conhecimentos tradicionalmente abordados pelas ciências da natureza, em especial pela Química, pela Física e, em relação aos impactos ambientais, pela Biologia: “O desenvolvimento do transistor, do laser e de um sem-número de dispositivos optoeletrônicos e eletrônicos presentes no nosso dia-a-dia foi possível graças aos avanços em ciência básica que os precederam” (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005).

Na Química é que são estudadas: as propriedades dos diferentes elementos, entre eles os Semicondutores; a estrutura atômica e molecular da matéria, incluindo a distribuição dos elétrons nos diferentes átomos; os tipos e os mecanismos das ligações atômicas e as consequências dessas ligações para formação das estruturas micro e macroscópicas; a organização e as propriedades dos sólidos, em especial as configurações de rede cristalinas e as características desses materiais, que incluem os Semicondutores; entre outros (ATKINS; PAULA, 2012).

Na Física, por sua vez, os estudos sobre semicondutores aparecem tanto no estudo da Eletricidade (KELLER; GETTYS; SKOVE, 1999) quanto na Física do Estado Sólido (KITTEL, 2006). Em eletricidade são estudados os tipos de materiais – condutores, isolantes e semicondutores – e o comportamento de algumas grandezas como corrente, tensão e resistência nesses materiais; já na Física do Estado Sólido o estudo é mais profundo e envolve desde o comportamento dos elétrons em potenciais periódicos, até os princípios de funcionamento de dispositivos como diodos e transistores, passando por teorias de bandas de energia e processos de dopagem.

Os impactos dos semicondutores na saúde da população, no solo e na água, são temas da Biologia. O Cádmiio, por exemplo, é usado em baterias de níquel/cádmiio, como revestimento de outros metais e em células fotoelétricas e sua inalação pode causar congestão pulmonar, angustia respiratória, pressão torácica e broncopneumonia, além de contaminar o solo, o ar, a água e o lençol freático (PATNAIK, 2003),.

Isso significa que é possível aproveitar a presença dos semicondutores na vida dos estudantes para abordar conteúdos científicos, tornando o processo educacional contextualizado: “Por que não discutir com os alunos a realidade concreta a que se deva associar a disciplina cujo conteúdo se ensina ...?” (FREIRE, 1996).

Para que os semicondutores possam ser trabalhados de maneira significativa no ensino médio, no entanto, é fundamental que o professor possua sólidos conhecimentos sobre o assunto (MARCON et al.; 2010). Para isso é necessário que, em sua formação, tenha vivenciado componentes curriculares que abranjam esse conteúdo de maneira profunda e que garantam o entendimento deste de maneira interdisciplinar, já que sua

importância e uso relaciona-se com vários ramos da ciência (SANTOS, VALEIRAS, 2014).

Dentro desta perspectiva, o presente trabalho buscou identificar assuntos relacionados aos semicondutores que pudessem ser abordados em componentes curriculares de Química, Física e Biologia dos cursos de Licenciatura na área de Ciências da Natureza; analisar a presença destes assuntos nas ementas das grades curriculares oferecidas pelos referidos cursos; verificar os conhecimentos que professores de Química, Física e Biologia efetivamente possuem sobre o tema e, além disso, propor atividades que permitam a discussão sobre materiais semicondutores nos cursos de formação de professores, relacionando o tema aos conteúdos de Química, Física e Biologia.

2. Metodologia da Pesquisa

A pesquisa científica traz resultados verdadeiros a partir de procedimentos metodológicos adequados, que permitem uma aproximação produtiva ao objeto de estudo. Atendendo aos objetivos deste trabalho foram, então, selecionados três procedimentos distintos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e pesquisa de campo.

Sobre a pesquisa bibliográfica, esta se realiza pelo estudo de registros disponíveis, decorrentes de pesquisas anteriores, que se encontram na forma de documentos impressos e/ ou eletrônicos, tais como livros, artigos ou teses (SEVERINO, 2007). De forma mais específica, além de atender aos objetivos básicos, neste trabalho a pesquisa bibliográfica foi utilizada para estudar livros e artigos que pudessem tratar sobre semicondutores, visando selecionar os temas para as análises subsequentes. O estudo dos textos foi feito através da análise discursiva, na qual os produtos textuais são separadas em unidades de significados e categorizados de forma comparativa, possibilitando correlacioná-los (MORAES; GALIAZZI, 2006).

Já a pesquisa documental possui maior abrangência de fontes, não se restringindo a documentos impressos ou eletrônicos, mas incluindo também fotografias, filmes, gravações e documentos legais (SEVERINO, 2007). Neste trabalho a pesquisa documental foi realizada com base nas grades curriculares e ementas de cursos de licenciatura da área de ciências da natureza, sendo dado tratamento quantitativo/ estatístico aos dados obtidos. Nas grades de cursos de licenciatura em Química, Física e Biologia, mais especificamente por meio da leitura das respectivas ementas, foram pesquisados componentes curriculares que abordassem o tema “semicondutores” de maneira direta ou indireta, através de algum assunto relacionado. Para tanto, foi elaborada uma planilha contendo como tópicos conteúdos fundamentais para o entendimento de semicondutores, sendo feita a contagem de quantas vezes cada tópico aparecia nos conteúdos programáticos das ementas dos diferentes componentes curriculares em diferentes cursos de licenciatura. Após esse levantamento, foi pesquisada a bibliografia usada pelas disciplinas que abordaram o tema e, então, foi feita a análise de como o conteúdo é abordado no material utilizado.

Quanto à pesquisa de campo, seu objetivo foi verificar o que os professores das áreas da Ciência da Natureza aprenderam sobre Semicondutores durante sua graduação e foi realizada através de questionários que continham questões fechadas, com respostas pré-definidas, que permitiram uma análise quantitativa baseada em tratamento estatístico dos dados coletados. Também contaram com questões abertas, com espaço livre para as respostas dos participantes, que permitiram uma abordagem qualitativa

realizada, como no caso dos dados bibliográficos, por meio de Análise Textual Discursiva (MORAES; GALIAZZI, 2006).

3. Resultados

A pesquisa bibliográfica inicial, realizada em livros didáticos de física, química e biologia, permitiu a identificação de diversos assuntos que estabelecem relação com os materiais semicondutores. Estes assuntos foram organizados em 4 grupos: estrutura, propriedades, aplicações e meio-ambiente, conforme se observa na Tabela 1.

Tabela 1: Temas usados para análise das grades e ementas.

Estrutura	Materiais semicondutores Estruturas cristalinas Heteroestruturas Técnicas de crescimento/ síntese
Propriedades	Teoria do Orbital Molecular Bandas de energia Fônons Defeitos Propriedade ópticas Transporte/ Condução de Corrente
Aplicações	Dopagem/ Semicondutores tipo p e n Bloco p (Tabela Periódica) Junções p-n Diodos Transistores Junção metal-semicondutor Lasers
Meio-ambiente	Saúde Poluição Bioacumulação

Os temas relacionados à estrutura envolvem aspectos químicos e físicos dos semicondutores, tratando de quem são os materiais, os tipos de formações cristalinas que os constituem e também como esse tipo de estrutura pode ser sintetizada. O grupo de temas que constituem as propriedades, incluem desde os fundamentos científicos que geram as propriedades semicondutoras, como bandas de energia e vibrações da rede cristalina, até os fenômenos ópticos e de condução característicos desses materiais. No grupo de aplicações dos semicondutores, estão presentes os temas que servem de base para o desenvolvimento da eletrônica, desde os processos de dopagem até os dispositivos eletrônicos propriamente ditos, como diodos e transistores. Em relação ao grupo que trata do meio ambiente, os temas identificados estabelecem relação direta com a biologia, envolvendo os impactos que podem ser gerados pelo descarte de materiais semicondutores tanto à saúde quanto ao ambiente.

Utilizando como base para análise os temas previamente identificados e organizados, foram analisadas as grades curriculares e ementas de 44 cursos de Licenciatura assim distribuídos: 17 cursos de química, 14 cursos de física e 13 de biologia. Entre os cursos estudados incluem-se Licenciaturas na área de Ciências da Natureza oferecidas por diferentes Instituições de Ensino Superior, entre elas Universidades Federais, Universidades Estaduais e Institutos Federais.

Dentre as três áreas das Ciências da Natureza, as Licenciaturas em Física são as que abordam o tema semicondutores com maior amplitude de temas, mas ainda de

maneira pouco significativa, uma vez que temas mais aprofundados são encontrados em poucas grades.

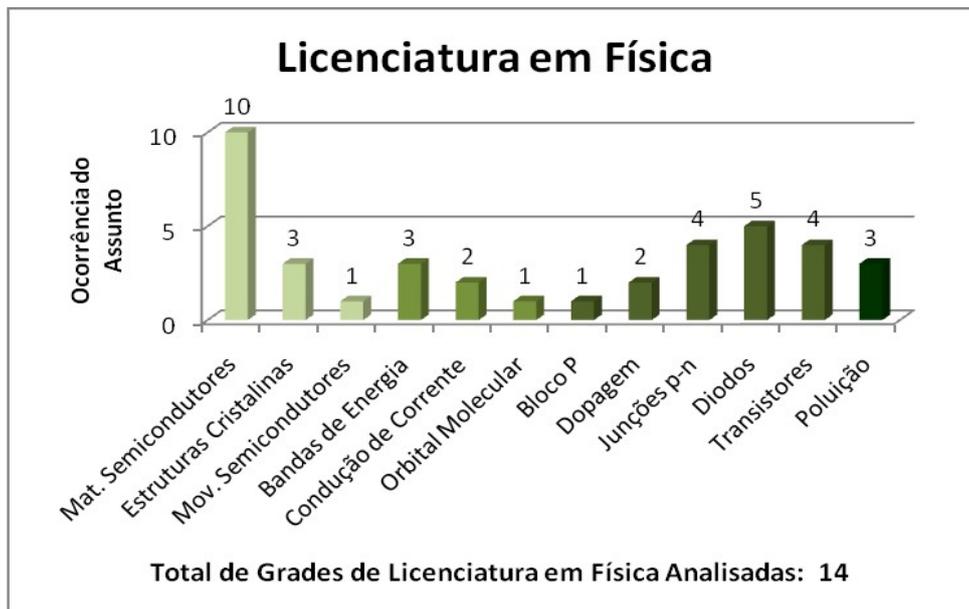


Figura 1: Abordagem de temas relacionados aos semicondutores em componentes curriculares de cursos de licenciatura em Física.

Como se pode verificar no gráfico da Figura 1, das 14 grades analisadas, 10 abordam o tema materiais semicondutores em algum de seus componentes curriculares. Outros 11 temas também são explorados, porém com uma frequência muito menor, e 8 dos temas identificados na pesquisa bibliográfica não chegam a ser mencionados em nenhum componente curricular de nenhum dos cursos de Física. Estes dados indicam que os cursos de licenciatura em Física geralmente se propõe a tratar do assunto semicondutores, mas o fazem de maneira superficial, desde suas propostas curriculares.

Os cursos de licenciatura em Química trabalham muito pouco com materias semicondutores. Isso pode ser facilmente observado no gráfico da Figura 2a, no qual a quantidade de temas e o número proporcional de ocorrência desses temas nas ementas das grades curriculares são ainda inferiores aos dos cursos de Física, restando 11 temas que não chegam a ser mencionados. Uma análise mais qualitativa das ementas dos diferentes componentes curriculares mostra que os temas relativos aos semicondutores poderiam ser bem explorados dentro de conceitos que já fazem parte dos conteúdos programáticos, sendo necessário apenas algumas discussões complementares.

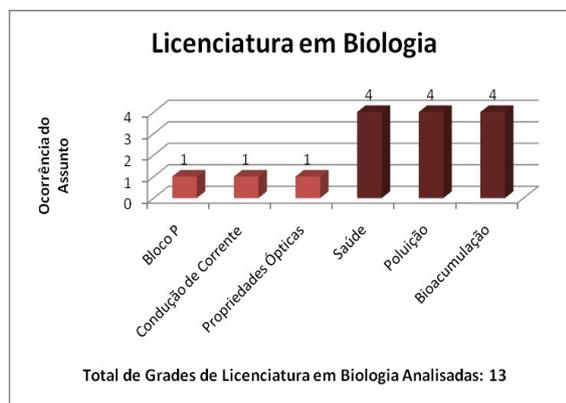
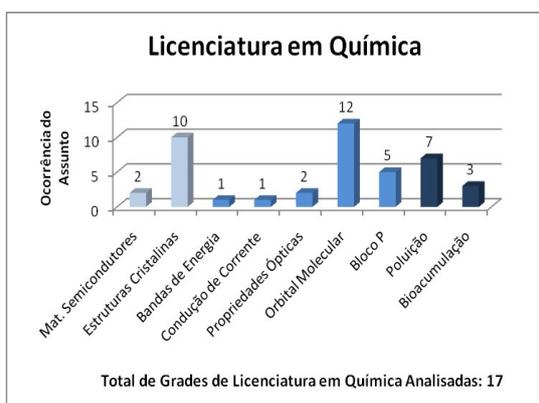


Figura 2: Abordagem de temas relacionados aos semicondutores em componentes curriculares de cursos de licenciatura em a) Química; b) Biologia.

Nos cursos de licenciatura em Biologia, os temas relacionados aos semicondutores são bem menos frequentes, em comparação com os outros dois cursos, como pode ser visto no gráfico da Figura 2b. Das 13 grades analisadas, somente 4 possuem componentes curriculares que abordaram algum tema relacionado aos semicondutores, obtendo maior foco os temas relacionados ao Meio-Ambiente – saúde, poluição e bioacumulação, que seriam efetivamente os aspectos mais importantes a serem discutidos nesse curso.

Reforçando o que foi observado na análise das ementas, a pesquisa realizada com 48 professores de química, física e biologia identificou que a maioria (57,4%) não participou ou não se lembra de ter participado de discussões sobre semicondutores durante o curso de graduação. Dentre os professores que se lembram de ter aprendido sobre semicondutores na graduação, apenas 12 conseguem identificar os componentes curriculares que abordaram o assunto, sendo citadas as disciplinas de Física III, Física IV e Física do Estado Sólido, abordando condutividade dos materiais, estrutura de bandas e aplicações; e Química Geral e Química Inorgânica, onde se trabalha principalmente com ligações químicas e sua capacidade de arranjos moleculares para formação de estruturas que compõem sólidos; o que também concorda com os resultados obtidos na análise das ementas.

Em relação aos conhecimentos construídos, como consequência das poucas discussões em seus cursos de formação, quando conhecem algo sobre semicondutores os professores, em sua maioria, o definem apenas de maneira superficial, indicando que são materiais com condutividade intermediária, entre isolantes e condutores. Poucos são capazes de explicar corretamente o que são bandas de energia e menos ainda sabem que riscos estes materiais podem proporcionar à saúde e ao meio ambiente. Sendo assim, fica evidente que os licenciados não possuem conhecimentos suficientes para uma discussão ampla e interdisciplinar sobre semicondutores em sala de aula e que vários assuntos relacionados a semicondutores precisam ser mais bem trabalhados com estes profissionais.

Partindo dos resultados obtidos nos três processos de pesquisa acima foram, então, preparadas quatro atividades práticas, compondo uma sequência didática a ser aplicada em cursos de formação de professores de ciências da natureza. A primeira atividade, diretamente relacionada à química, consiste na construção, com materiais de baixo custo, de uma célula da estrutura cristalina tipo diamante, que representa a forma de organização dos semicondutores tradicionais; além de evidenciar que o tipo de estrutura cristalina do semicondutor é resultado das ligações químicas entre os átomos que o compõe, a célula construída pode servir de base para abordar outros conceitos relativos aos semicondutores como bandas de energia ou dopagem. A segunda atividade consiste na comparação do comportamento da resistividade de semicondutores e metais em função da temperatura através de um experimento; esse comportamento é uma característica que diferencia os dois tipos de materiais e está relacionado ao comportamento de portadores de corrente, tema que pertence à física. A terceira atividade trata da relação dos semicondutores com o meio-ambiente – biologia; nesta os estudantes trazem ou recebem e desmontam equipamentos eletrônicos, identificam os dispositivos semicondutores presentes nesses equipamentos – diodos, transistores, sensores... – identificam a composição, ou seja, os elementos químicos presentes nesses materiais e investigam os prejuízos que esses elementos podem trazer à saúde e ao ambiente no caso de um descarte indevido dos equipamentos.

4. Considerações Finais

A inserção dos semicondutores nas licenciaturas não deveria ser um problema, principalmente as de física e química, uma vez que semicondutores podem ser amplamente explorados com fundamentos presentes em diversos componentes curriculares. Mesmo nas licenciaturas em biologia o assunto possui relevância e pode ser diretamente ligado a questões ambientais. Esta inserção, outrossim, poderia impactar significativamente a educação básica, servindo como alicerce e motivação para abordagem do tema pelos futuros professores.

O que se nota, no entanto, é que os cursos responsáveis pela formação de professores de ciências da natureza possuem grades que pouco abordam os materiais semicondutores. Os conteúdos programáticos das poucas ementas que tratam do tema possuem, na maioria das vezes, conceitos básicos que possibilitam apenas uma introdução do assunto. Como consequência os professores das Ciências da Natureza não possuem o conhecimento necessário para poder trabalhar com esse conteúdo dentro de sala de aula.

Tendo em vista a importância deste tema, por sua relação com a eletrônica, tão presente na sociedade contemporânea, fica evidente a necessidade de desenvolver atividades que permitam a abordagem dos semicondutores em cursos de formação inicial e continuada de professores.

Referências

- ATKINS, P. W.; PAULA, J., **Físico Química**: volume 2, 9a ed. LTC, 2012.
- FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. Paz e Terra, 1996.
- KELLER, F. J.; GETTYS, W. E.; SKOVE, M. J., **Física**: volume 2. Makron Books, 1999
- KITTEL, C. **Introdução à Física do Estado Sólido**. 8a. ed. LTC, 2006.
- KNELLER, G. F. *Ciência como Atividade Humana*. Zahar/EDUSP, 1980.
- MARCON, D., et al. Reflexões sobre o processo de construção do conhecimento pedagógico do conteúdo de futuros professores. **Congresso Internacional de Filosofia e Educação**. Caxias do Sul, 2010.
- MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo reconstrutivo de múltiplas faces. *Ciência & Educação*, v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.
- ORTON, John. **The Story of Semiconductors**. University Press, 2004.
- PATNAIK, P. **Guia Geral - Propriedades Nocivas das Substâncias Químicas**: volume I. Ergo, 2003.
- PIMENTA, S. G. (org.) **Saberes pedagógicos e atividade docente**. 6.ed. Cortez, 2008.
- REZENDE, S. M. **Materiais e Dispositivos Eletrônicos**. 2.ed. Editora Livraria da Física, 2004.
- SANTOS, C. A. dos.; VALEIRAS, N. Currículo interdisciplinar para licenciatura em ciências da natureza. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, 2504 p.01-12, 2014.
- SEVERINO, A. J. *Metodologia do Trabalho Científico*. 23 ed. Cortez, 2007.
- VALADARES, E. C.; CHAVES, A.; ALVES, E. G. *Aplicações da Física Quântica: do transistor à nanotecnologia*. Editora Livraria da Física, 2005.