



**COBENGE**  
2021

XLIX Congresso Brasileiro  
de Educação em Engenharia  
e IV Simpósio Internacional  
de Educação em Engenharia  
da ABENGE

28 a 30 de SETEMBRO

Evento Online

"Formação em Engenharia:  
Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade"

## **DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS MATEMÁTICAS E COMPETÊNCIAS GERAIS POR MEIO DE UMA ATIVIDADE CONTEXTUALIZADA NO ESTUDO DE UM DIODO SEMICONDUTOR**

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2021.3388

Eloiza Gomes - eloiza@maua.br

IMT

Rua Manuel Figueiredo Landim 126

04693-130 - São Paulo - SP

Barbara Lutaif Bianchini - barbaralb@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Rua Frei Vicente do Salvador 183

02019-000 - São Paulo - SP

Gabriel Loureiro de Lima - gloureirrolima@gmail.com

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Rua Bragança Paulista 41

13218-250 - Jundiaí - SP

**Resumo:** Este artigo tem por objetivo apresentar uma atividade, planejada para ser desenvolvida em um curso inicial de Cálculo Diferencial e Integral com estudantes da área da Engenharia de Controle e Automação ou habilitações afins, vinculando o estudo de funções exponenciais reais de uma variável real a alguns aspectos inerentes à curva característica de um diodo semicondutor. A atividade, para a qual propomos um trabalho colaborativo, tem potencial para desenvolver competências matemáticas (segundo Niss) e gerais (estabelecidas pelas Diretrizes Curriculares Nacionais para a Graduação em Engenharia). Para a elaboração e sugestão de implementação da atividade, adotamos como aportes teórico e metodológico preceitos da Teoria A Matemática no Contexto das Ciências. A atividade é composta de uma preparação prévia, uma questão central e uma série de questões auxiliares. Para cada uma delas detalhamos as competências matemáticas e gerais que possivelmente poderão desenvolvidas ou mobilizadas pelos estudantes.

**Palavras-chave:** Engenharia. Diodo. Função. Competências. Atividade

Promoção:



Realização:





**COBENGE**  
2021

XLIX Congresso Brasileiro  
de Educação em Engenharia  
e IV Simpósio Internacional  
de Educação em Engenharia  
da ABENGE

28 a 30 de SETEMBRO

Evento Online

"Formação em Engenharia:  
Tecnologia, Inovação e Sustentabilidade"

contextualizada.

Promoção:



Realização:



## 1 INTRODUÇÃO

O objetivo deste trabalho é discutir de que forma entendemos ser possível desenvolver competências matemáticas, na acepção de Niss (2003) e algumas das competências gerais elencadas nas DCN - Diretrizes Curriculares Nacionais para a Graduação em Engenharia (BRASIL, 2019), por meio de uma atividade vinculando o estudo de funções exponenciais reais de uma variável real e alguns aspectos inerentes à curva característica de um diodo semicondutor, conteúdo normalmente presente nas disciplinas de Eletrônica de cursos de Engenharia de Controle e Automação e habilitações afins.

Esta atividade foi concebida a partir de subsídios da fase epistemológica, uma das cinco que compõem a Teoria A Matemática no Contexto das Ciências (TMCC) desenvolvida pela pesquisadora mexicana Patricia Camarena Gallardo, para ser implementada junto a estudantes de uma disciplina inicial de Cálculo Diferencial e Integral, na qual em geral é prevista uma revisita às funções exponenciais.

A organização didática da atividade, prevista para ser realizada em equipes de trabalho colaborativo compostas por quatro estudantes, com a duração de três encontros de duas horas cada e uma etapa individual de preparação prévia, também está fundamentada em uma das fases da TMCC e especialmente no modelo atrelado a este referencial, o Modelo Didático da Matemática em Contexto (MoDiMaCo).

Apresentamos, na sequência, os elementos da TMCC aos quais recorremos para a elaboração da atividade e para sua organização didática, a noção de competência matemática segundo Niss (2003), as competências gerais presentes nas DCN e que entendemos que também podem ser desenvolvidas ou mobilizadas a partir de nossa proposta e, finalmente, um detalhamento a respeito da atividade e das questões que a constituem explicitando de que forma as competências estão nelas presentes.

## 2 ELABORAÇÃO DA ATIVIDADE: A FASE EPISTEMOLÓGICA DA TMCC

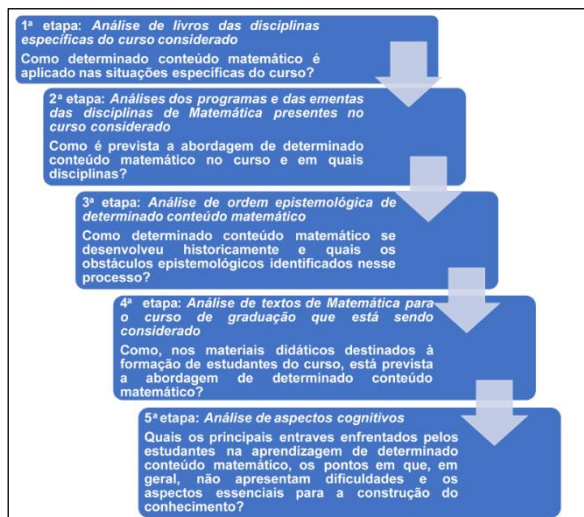
Para a elaboração da atividade que apresentamos neste artigo, recorremos a preceitos da TMCC, teoria voltada particularmente ao ensino superior e, especificamente, para os processos de ensino e de aprendizagem de Matemática em cursos nos quais esta ciência não é o objeto central de estudo. Este referencial é constituído por cinco fases interdependentes: *curricular*, *epistemológica*, *didática*, *docente* e *cognitiva*. Detalharemos apenas as duas fases que nos serviram de subsídio: a epistemológica para a construção da atividade (fase que sintetizaremos nesta seção) e a didática para organizar a maneira como esta deve ser trabalhada em sala de aula (considerações a este respeito serão apresentadas na seção seguinte). Para aprofundamentos acerca das demais fases da Teoria, sugerimos a leitura de Camarena (2010; 2013).

Na fase epistemológica, o objetivo é elaborar atividades contextualizadas para o ensino de Matemática em cursos que não visam à formação de matemáticos a partir da percepção de como os conceitos desta ciência estão vinculados àqueles de outras áreas do conhecimento e de que maneira se dá a transposição dos conteúdos matemáticos para seus diferentes campos de aplicação, processo denominado por Camarena (2004) de *transposição contextualizada*. Conforme ressalta Camarena (2013), as investigações realizadas no âmbito da fase epistemológica, seguindo os procedimentos metodológicos que serão descritos nos próximos parágrafo, permitem elucidar que, tanto os contextos de outras ciências dão significado aos conceitos matemáticos, como estes também atribuem significado aos conceitos inseridos nos contextos de outras ciências.



No esquema mostrado na Figura 1, apresentamos o percurso metodológico a ser seguido na esfera da fase epistemológica e as questões a serem respondidas em cada uma das etapas deste percurso objetivando-se a construção de uma atividade contextualizada para o ensino da Matemática em determinado curso de graduação.

Figura 1 – Percurso metodológico da fase epistemológica da TMCC.



Fonte: elaboração própria

No caso específico da elaboração da atividade apresentada neste artigo, definimos *a priori* como contexto o estudo da teoria referente aos diodos semicondutores. Analisamos então, na 1ª etapa do percurso ilustrado na Figura 1, uma das principais referências bibliográficas citadas nas ementas de disciplinas nas quais a teoria dos diodos é abordada: *Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos*, de autoria de R. L. Boylestad e L. Nashelsky, edição de 2013. Nesta obra, identificamos uma situação referente ao estudo da curva característica de um diodo semicondutor que nos inspirou na concepção da atividade.

Em relação ao conteúdo matemático, elegemos as funções exponenciais reais de uma variável real para serem trabalhadas de forma contextualizada na atividade proposta. Este conteúdo na instituição em que leciona uma das autoras deste trabalho, conforme nos revelou a análise realizada para responder à questão inerente à 2ª etapa do percurso metodológico, é abordado no curso de Engenharia de Controle e Automação na disciplina Cálculo Diferencial e Integral 1, ministrada na primeira série, a partir de um ponto de vista de revisão do que se estuda no Ensino Médio.

Os dados provenientes da análise epistemológica realizada na 3ª etapa do percurso apresentado na Figura 1 ressaltam o quanto o desenvolvimento das funções como objetos matemáticos esteve vinculado ao estudo quantitativo de fenômenos, de diferentes áreas, nos quais a ideia de variação se faz presente e em que há necessidade de expressar matematicamente dependências entre grandezas, aspecto que buscamos contemplar na atividade elaborada. Ainda por meio das análises realizadas nesta terceira etapa, identificamos alguns obstáculos relacionados à construção do conhecimento acerca do conceito de função, obstáculos estes que Brousseau (1983) denomina de epistemológicos, e que também foram levados em conta na elaboração da atividade, conforme detalhadamente apresentado em Lima, Bianchini e Gomes (2021, no prelo).

Figura 2 – Atividade contextualizada elaborada

Um diodo, assim como os demais componentes eletrônicos, precisa de certo tempo para passar do seu estado de condução para não condução; é o chamado tempo de recuperação do diodo. Muitas aplicações práticas exigem diodos que "se recuperem" com facilidade, isto é, que passem no mínimo intervalo de tempo possível do estado de condução para não condução. Um dos diodos de silício com essa característica é o 1N4148, um dos mais empregados na eletrônica e que possui tempo de recuperação de 4 nA. Apresentamos a seguir um trecho do *Datasheet* do diodo 1N4148 no qual são destacadas as características elétricas deste dispositivo.

#### Electrical Characteristics

T<sub>a</sub>=25°C

Parameter	Test Conditions	Type	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Forward voltage	I <sub>F</sub> =5mA	1N4448	V <sub>F</sub>	0.62	0.72		V
	I <sub>F</sub> =10mA	1N4148	V <sub>F</sub>	0.86	1		V
	I <sub>F</sub> =100mA	1N4448	V <sub>F</sub>	0.93	1		V
Reverse current	V <sub>R</sub> =20V		I <sub>R</sub>		25		nA
	V <sub>R</sub> =20V, T <sub>a</sub> =150°C		I <sub>R</sub>		50		μA
	V <sub>R</sub> =75V		I <sub>R</sub>		5		μA
Breakdown voltage	I <sub>R</sub> =100 μA, T <sub>a</sub> /T=0.01, t <sub>R</sub> =0.3ms		V <sub>BR</sub>	100			V
Diode capacitance	V <sub>R</sub> =0, f=1MHz, V <sub>RF</sub> =50mV		C <sub>D</sub>		4		pF
Rectification efficiency	V <sub>RF</sub> =2V, f=100MHz		η <sub>R</sub>	45			%
Reverse recovery time	I <sub>F</sub> = I <sub>R</sub> =10mA, I <sub>R</sub> =1mA		t <sub>R</sub>		8		ns
	I <sub>F</sub> =10mA, V <sub>R</sub> =6V, I <sub>R</sub> =0.1 × I <sub>F</sub> , R <sub>L</sub> =100 Ω		t <sub>R</sub>		4		ns

Fonte: <https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/551820/WINNERJOIN/1N4148.html>

**QC:** Considere esse diodo 1N4148 submetido a uma corrente de 30 mA e determine a queda de tensão direta através dele e os valores aproximados de suas correntes de saturação nas seguintes temperaturas: -45 °C, 50 °C e 125 °C.

Por meio do estudo de conceitos relacionados à Física do Estado Sólido, demonstra-se que as características gerais de um diodo semicondutor podem ser relacionadas, para as regiões de polarização direta e reversa, por uma equação chamada equação de Shockley, que é a seguinte:

$$I_F = I_R \left( e^{\frac{V_F}{V_T}} - 1 \right) \quad (1)$$

Na equação (1):

$I_F$ : representa a corrente direta que passa pelo diodo

$I_R$ : representa a corrente de saturação reversa

$V_F$ : representa a tensão de polarização direta aplicada ao diodo

$n$ : representa um fator de idealidade, que depende das condições de operação e de construção física do diodo.

$V_T$ : representa a tensão térmica, definida por:

$$V_T = \frac{kT_K}{q} \quad (2)$$

em que  $k$  é a constante de Boltzmann cujo valor é  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K,  $T_K$  é a temperatura absoluta em Kelvin, que é dada pela adição entre 273 e a medida da temperatura em graus Celsius,  $q$  é a magnitude da carga elétrica elementar, que é dada por  $1,6 \times 10^{-19}$  C.

Fonte: elaboração própria

A análise do livro Cálculo – Volume 1 de J. Stewart, edição de 2017, principal referência na disciplina Cálculo Diferencial e Integral 1 no curso de Engenharia de Controle e Automação anteriormente citado nos evidencia que a abordagem apresentada para as funções exponenciais tem foco na revisão das propriedades dos expoentes e na discussão daquelas aplicações usualmente presentes na maioria dos livros didáticos e que dizem respeito ao crescimento populacional e ao decaimento radioativo. A partir desta constatação, optamos na atividade que estava sendo elaborada considerar uma aplicação em outro contexto mais próximo da atividade profissional dos futuros engenheiros e, para isso, o estudo de elementos referentes à curva característica de um diodo semicondutor nos pareceu adequado.

Por fim, a partir dos dados obtidos ao buscar resposta para a questão inerente à quinta etapa do percurso metodológico explicitado na Figura 1, conscientizamo-nos das principais dificuldades ligadas a aspectos cognitivos que poderiam ser enfrentadas pelos estudantes ao trabalharem com funções e que levamos em consideração na elaboração da atividade de forma a oportunizar, sempre que possível, reflexões que levassem os estudantes a minimizar tais dificuldades. Para maiores detalhes acerca destes aspectos cognitivos, consultar Lima, Bianchini e Gomes (2021, no prelo).

Como resultado das investigações realizadas em cada uma das cinco etapas anteriormente mencionadas, elaboramos a atividade contextualizada apresentada por meio da Figura 2.

A nosso ver, tal atividade possibilita a mobilização e/ou o desenvolvimento de competências matemáticas (NISS, 2003) e também de competências gerais que, conforme as DCN (BRASIL, 2019) são esperadas de um egresso de um curso de Engenharia. Na seção seguinte, discorreremos mais detalhadamente acerca das ideias de competências matemáticas e de competências gerais.

### 3 COMPETÊNCIAS MATEMÁTICAS E COMPETÊNCIAS GERAIS

Na acepção de Niss (2003, p.6), *competência matemática* "significa a habilidade de compreender, julgar, fazer e empregar a Matemática em uma variedade de contextos e situações intra e extra-matemáticos em que esta ciência desempenha ou poderia desempenhar um papel". Para o autor, conhecimentos matemáticos factuais e habilidades técnicas são pré-requisitos necessários, mas não suficientes para que um indivíduo seja competente matematicamente. A partir do que foi estabelecido em Niss (1999), o autor identifica dois grupos de competências matemáticas; o primeiro diz respeito à *capacidade de fazer e responder perguntas em e com a Matemática* e engloba quatro competências e o segundo, também contemplando quatro competências, refere-se à *capacidade de representar entidades matemáticas, trabalhar com símbolos e com o formalismo matemático, comunicar-se em, com e sobre a Matemática e utilizar de maneira reflexiva diferentes ferramentas (incluindo as tecnológicas)*. Por meio dos Quadros 1 e 2, apresentamos tais grupos de competências de maneira mais detalhada.

Quadro 1 – Primeiro Grupo de Competências Matemáticas

Competência	Ações Associadas a tal Competência
1. Pensar matematicamente (dominar modos de pensamento matemático)	Fazer perguntas características da Matemática e compreender os tipos de respostas que a Matemática pode oferecer a elas.
	Compreender e ser capaz de trabalhar tanto com o alcance quanto com as limitações de um dado conceito.
	Estender o escopo de um conceito por abstração de algumas de suas propriedades, generalizando resultados para classes mais amplas de objetos.
	Fazer distinção entre diferentes tipos de afirmações matemáticas.
2. Propor e resolver problemas matemáticos	Identificar, propor e especificar diferentes tipos de problemas matemáticos (puros/aplicados, abertos/fechados).
	Resolver (e, se for o caso, de diversas maneiras) diferentes tipos de problemas matemáticos (puros/aplicados, abertos/fechados), propostos por terceiros ou por si mesmo.
3. Modelar matematicamente (analisar e construir modelos)	Analisar os fundamentos e as propriedades de modelos dados, incluindo a avaliação de seu alcance e validade.
	Decodificar modelos dados, isto é, traduzir e interpretar os elementos do modelo em termos da 'realidade' modelada.
	Realizar modelagem ativa em um dado contexto (interpretação e estruturação da realidade a ser modelada; matematizar a realidade a ser modelada; trabalhar com e no modelo, o que inclui resolver os problemas que o originaram; validar o modelo interna e externamente; analisar e criticar o modelo - por si mesmo e diante de possíveis alternativas; comunicar sobre o modelo e seus resultados; monitorar e controlar todo o processo de modelagem).
4. Raciocinar matematicamente	Seguir e avaliar cadeias de argumentos apresentados por outros.
	Saber o que é (ou não) uma prova matemática e como ela difere de outros tipos de raciocínios matemáticos, como, por exemplo, heurísticas.



	Descobrir as ideias básicas em uma dada linha de argumento (especialmente uma prova), incluindo a distinção entre ideias, linhas principais e detalhes técnicos.
	Elaborar argumentos matemáticos formais e informais e transformar argumentos heurísticos em provas válidas, ou seja, realizar demonstrações.

Fonte: elaboração própria a partir da tradução nossa de Niss (2003)

Quadro 2 – Segundo Grupo de Competências Matemáticas

Competência	Ações Associadas a tal Competência
5. Representar entidades matemáticas (objetos e situações)	Compreender e utilizar (decodificar, interpretar, distinguir entre) diferentes tipos de representações de objetos, fenômenos e situações matemáticas.
	Compreender e utilizar relações entre diferentes representações da mesma entidade, incluindo o conhecimento das potencialidades e limitações de cada representação.
	Selecionar a representação mais adequada em dada situação e transitar entre as diferentes representações.
6. Manusear símbolos e trabalhar com o formalismo matemático	Decodificar e interpretar a linguagem matemática simbólica e formal e compreender as relações entre esta e a linguagem natural.
	Compreender a natureza e as regras inerentes aos sistemas matemáticos formais (sintaxe e semântica).
	Traduzir afirmações da linguagem natural para a linguagem formal/simbólica.
	Tratar e manipular declarações e expressões contendo símbolos e fórmulas.
7. Comunicar em, com e sobre a Matemática	Compreender conteúdos matemáticos a partir de 'textos' produzidos em uma variedade de registros (escritos, visuais, orais e outros).
	Expressar-se sobre a Matemática com diferentes níveis de precisão teórica e técnica, nas formas oral, visual ou escrita.
8. Utilizar instrumentos e ferramentas (incluindo as tecnológicas)	Reconhecer a existência e as propriedades de diferentes instrumentos e ferramentas que podem auxiliar na atividade matemática, seus alcances e limitações.
	Usar reflexivamente instrumentos e ferramentas que possam auxiliar na atividade matemática.

Fonte: elaboração própria a partir da tradução nossa de Niss (2003)

Entendemos que a atividade que elaboramos, além de algumas dessas oito competências matemáticas, conforme detalharemos neste artigo, oportuniza o desenvolvimento de algumas competências gerais que, segundo estabelece-se nas DCN (BRASIL, 2019), devem ser trabalhadas durante o processo formativo do engenheiro. Tais competências são apresentadas no Art. 4º deste documento e, por meio do Quadro 3, explicitamos aquelas que concebemos como diretamente relacionadas à atividade elaborada.

Quadro 3 – Competências gerais estabelecidas nas DCN

Competência	Ações Associadas a tal Competência
I. Formular e conceber soluções desejáveis de engenharia, a partir da análise e compreensão das necessidades e do contexto em que estão inseridos os usuários dessas soluções	a) ser capaz de utilizar técnicas adequadas de observação, compreensão, registro e análise das necessidades dos usuários e de seus contextos sociais, culturais, legais, ambientais e econômicos.
II. Analisar e compreender os fenômenos físicos e químicos por meio de modelos simbólicos, físicos e	a) ser capaz de modelar os fenômenos, os sistemas físicos e químicos, utilizando as ferramentas matemáticas, estatísticas, computacionais e de simulação, entre outras.

outros, verificados e validados por experimentação	b) prever os resultados dos sistemas por meio dos modelos.
III. Conceber, projetar e analisar sistemas, produtos (bens e serviços), componentes ou processos	b) projetar e determinar os parâmetros construtivos e operacionais para as soluções de Engenharia.
V. Comunicar-se eficazmente nas formas escrita, oral e gráfica	a) ser capaz de expressar-se adequadamente, seja na língua pátria ou em idioma diferente do Português, inclusive por meio do uso consistente das Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC), mantendo-se sempre atualizado em termos de métodos e tecnologias disponíveis.
VI. Trabalhar e liderar equipes multidisciplinares	a) ser capaz de interagir com as diferentes culturas, mediante o trabalho em equipes presenciais ou a distância, de modo que facilite a construção coletiva.
	b) atuar, de forma colaborativa, ética e profissional em equipes multidisciplinares, tanto localmente quanto em rede.
	c) gerenciar projetos e liderar, de forma proativa e colaborativa, definindo as estratégias e construindo o consenso nos grupos.
VIII. Aprender de forma autônoma e lidar com situações e contextos complexos, atualizando-se em relação aos avanços da ciência, da tecnologia e aos desafios da inovação	a) ser capaz de assumir atitude investigativa e autônoma, com vistas à aprendizagem contínua, à produção de novos conhecimentos e ao desenvolvimento de novas tecnologias.
	b) aprender a aprender.

Fonte: elaboração própria a partir de Brasil (2019)

Apresentamos, a seguir, de que forma, a partir dos subsídios metodológicos da fase didática da TMCC e do MoDiMaCo, a atividade foi organizada para ser trabalhada em sala de aula de forma a potencializar o desenvolvimento das competências matemáticas e gerais mencionadas nesta seção.

#### 4 ORGANIZAÇÃO E ANÁLISE DAS COMPETÊNCIAS MATEMÁTICAS E GERAIS PRESENTES NA ATIVIDADE

Para a implementação da atividade que elaboramos, sugerimos como estratégia didática, seguir os preceitos do Modelo Didático da Matemática em Contexto (MoDiMaCo) inserido na fase didática da TMCC. Em tal Modelo preconiza-se o trabalho em equipes colaborativas, sendo estas compostas por estudantes com diferentes estilos de aprendizagem. Camarena (2017) sugere equipes de três integrantes sendo um líder emocional, um líder intelectual e um líder operativo, cada um com características específicas que lhes conferem papéis complementares. Para identificar esses líderes, é necessário que os estudantes respondam às 80 perguntas que compõem o Questionário Honey-Alonso de Estilos de Aprendizagem (CHAEA), que foi elaborado por Catalina Alonso a partir das ideias de David Kolb e dos estudos de Peter Honey e Alan Mumford. Para maiores informações a respeito dos trabalhos dos referidos autores, consultar Barros (2008). Esse questionário inclui quatro seções com 20 perguntas cada, sendo que cada seção corresponde a um dos quatro grupos de estilos de aprendizagem de Kolb (reflexivo (R), pragmático (P), ativo (A) e teórico (T)). Os estudantes com estilo de aprendizagem pragmático serão os líderes operativos e os com estilo ativo serão os líderes emocionais. Os líderes intelectuais serão aqueles que tiverem como maior pontuação no questionário uma média entre as pontuações relativas aos estilos reflexivo e teórico. Algumas referências para uma explicação mais detalhada a respeito da composição destas equipes são Lima et al. (2021, no prelo) e Lima, Bianchini e Gomes (2018).

Ao trabalhar com outra atividade seguindo essa estratégia de composição das equipes indicada por Camarena (2017), percebemos que responder a 80 questões poderia



ser extenuante para o estudante, o que, conseqüentemente, poderia fazê-lo a não responder ao instrumento com a devida atenção e comprometimento. Optamos então por buscar uma alternativa que permitiria o mesmo tipo de classificação, mas por meio de um número menor de questões. Neste sentido, sugerimos, ao invés de utilizar o Questionário CHAEA, recorrer a versão simplificada deste instrumento, denominada CHAEA 32 proposta por Hernández e Alonso (2013), que, como a denominação atribuída pelas autoras ao questionário já indica, é composto por 32 das 80 questões originais do CHAEA. Para maiores detalhes, consultar Hernández e Alonso (2013).

Para esta atividade que estamos propondo por meio deste artigo, consideramos pertinente trabalhar com equipes compostas por quatro estudantes e, por esta razão, o resultado da análise das respostas ao CHAEA 32 já fornecerá diretamente a composição dos grupos.

Visando possibilitar aos estudantes uma familiarização com o contexto da atividade que será proposta, sugerimos, inicialmente, duas semanas antes da proposição da atividade visada, a realização de uma preparação prévia (Figura 3) estabelecida por pesquisas individuais que poderiam constituir-se como uma atividade interdisciplinar envolvendo as disciplinas das áreas de Matemática, Química e Física, uma vez que são conhecimentos acerca de conceitos químicos e físicos (estrutura atômica de elementos químicos, ligações atômicas em estruturas cristalinas, componentes fundamentais de um átomo, modelo de Bohr, ligações covalentes, isolantes, condutores, tensão, energia, polarização, corrente elétrica etc.) que fundamentam o funcionamento de um diodo.

Sugerimos a proposição desta atividade de preparação prévia e envio dos vídeos gravados pelos estudantes em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA), o que oportuniza a todos os discentes assistirem aos vídeos produzidos pelos colegas.

Após a preparação prévia ter sido finalizada e todos os vídeos terem sido assistidos pelos professores de Matemática, de Física e de Química e pelos estudantes, indicamos que seja realizada uma discussão coletiva contando também com a participação dos docentes responsáveis pelas disciplinas de Física e de Química, com o objetivo de sistematizar, com rigor científico, mas de forma acessível a estudantes do início do curso de Engenharia, os conhecimentos por eles construídos por meio da atividade que realizaram.

Nesta Atividade para Preparação Prévia, embora não haja intencionalidade de sua realização possibilitar que o estudante mobilize ou desenvolva competências matemáticas, oportuniza-se o desenvolvimento e/ou a mobilização de algumas das competências gerais previstas na DCN e mencionadas no Quadro 3, a saber: II, V e VIII. Ao compreender de que maneira diferentes conceitos físicos e químicos possibilitaram o desenvolvimento de um dispositivo eletrônico (o diodo) a competência II é destacada. Ao elaborar o vídeo explicando aos colegas o que compreendeu do estudo realizado, entra em foco a competência V e, para a realização de toda a atividade, é condição primordial acionar a competência VIII.

Concluída essa discussão, o professor de Matemática deverá compor os grupos de trabalho, seguindo os resultados obtidos por meio do questionário CHAEA 32, e então propor a atividade que apresentamos na Figura 1. Para que os estudantes possam efetivamente realizar esta atividade, sugerimos a proposição de uma série de questões auxiliares que indicamos serem trabalhadas, com total liberdade para que os discentes utilizem *softwares* ou quaisquer outros recursos tecnológicos a que tiverem acesso, em três encontros de duas horas cada. A ideia é que tais questões sejam respondidas pelos estudantes e discutidas sequencialmente pelo professor.

Figura 3 – Atividade para Preparação Prévia

Segundo informações do website <http://www.bosontreinamentos.com.br/eletronica/curso-de-eletronica/como-funciona-um-led-diodo-emissor-de-luz/>, um LED (Light-Emitting Diode) é um tipo especial de diodo, inventado em 1962, pelo engenheiro norte-americano Nick Holonyak, contendo uma junção *pn* semicondutora, a qual conduz corrente apenas em uma direção. Tal dispositivo torna-se condutivo acima de uma tensão limite suficiente para forçar os elétrons na região tipo *n* a se combinarem com as lacunas da região tipo *p*. Sempre que isso ocorre, energia é liberada, criando um fóton, ou *quantum* de luz. A quantidade de energia liberada depende do material semicondutor empregado e de seus dopantes e determina o comprimento de onda e, consequentemente, a cor da luz emitida. Existem LEDs de diversas cores, tais como azul, vermelho, verde, laranja, etc., que possuem inúmeras aplicações, tais como em:

- Painéis de controle industriais, sistemas de áudio, carregadores de baterias, computadores, aparelhos de TV e outros eletrônicos de consumo, para indicar o status desses equipamentos;
- Luzes automotivas, sinalização, placares, jogos eletrônicos;
- Iluminação decorativa (fitas de LED, etc.);
- Aparelhos de controle remoto (LED infravermelho).

Visando compreender o estudo que desenvolveremos em nossas próximas aulas, realize uma pesquisa que lhe possibilite responder às seguintes questões:

1. O que são materiais semicondutores?
2. O que é um Diodo (o D da sigla LED)?
3. O que são materiais intrínsecos?
4. O que é dopagem?
5. O que são materiais do tipo *n* e do tipo *p*?
6. O que é uma junção *pn*?
7. O que é polarização direta de um diodo? E polarização reversa de um diodo?
8. Qual a simbologia usualmente utilizada para trabalhar com um diodo?
9. Quais são as principais aplicações de um diodo?
10. O que é Datasheet de um diodo?

Grave um vídeo de, no máximo 10 minutos, explicando, em uma linguagem acessível aos seus colegas ingressantes em um curso de Engenharia os principais conceitos presentes em tais questões.

Fonte: elaboração própria

No primeiro encontro, cujo objetivo é iniciar o processo de resolução da atividade apresentada na Figura 1, oportunizando a retomada de conceitos de: relação funcional, variável dependente, variável independente, domínio, imagem e representação gráfica de uma função, as questões auxiliares a serem propostas são:

**Q1.** A equação de Shockley explicita uma relação funcional? Caso sua resposta seja afirmativa, qual a variável dependente e qual a variável independente?

**Q2.** A tensão térmica é função de alguma variável? Explique e, se sua resposta for afirmativa, construa a representação gráfica desta função.

**Q3.** Sabendo que o diodo 1N4148 opera entre -65°C e 175°C, determine a faixa de variação da tensão térmica desse diodo neste intervalo.

Responder à questão 1, oportuniza, a nosso ver, que as equipes mobilizem as seguintes competências matemáticas do primeiro grupo elencado por Niss (2003): *pensar matematicamente, resolver um problema matemático e raciocinar matematicamente*. Das competências do segundo grupo, nesta questão identificamos apenas *comunicar-se em, com e sobre a Matemática*. Ao responder à questão 2, as mesmas competências do primeiro grupo mencionadas na questão anterior são mobilizadas e/ou desenvolvidas e em relação às do segundo grupo, além da já indicada na questão 1, entram em foco também: *representar um objeto matemático, manusear símbolos e trabalhar com o formalismo matemático* e, caso as equipes optem por recorrer a um recurso tecnológico, *utilizar instrumentos e ferramentas*. A questão 3 contempla todas as competências dos dois grupos, exceto modelar matematicamente. Em relação às competências gerais, essas três primeiras questões possibilitam mobilizar e/ou desenvolver II, V, VI (com a observação de

que não se trata de uma equipe multidisciplinar, mas equipes nas quais cada integrante exerce uma liderança diferente) e VIII. Na questão 3, ao analisar a faixa de variação da tensão térmica de um diodo, o estudante estará compreendendo um aspecto relativo ao funcionamento deste dispositivo, o que o possibilita, a nosso ver, mobilizar/desenvolver a competência geral III.

No segundo encontro, o objetivo é dar continuidade à resolução da atividade por meio das questões auxiliares Q4, Q5, Q6 e Q7 apresentadas a seguir que possibilitam às equipes: a resolução de uma equação exponencial, a determinação da imagem de uma função para determinado elemento do domínio, a análise do comportamento de uma função a partir da observação de suas representações gráfica e algébrica e a compreensão acerca da importância de se atentar ao contexto com o qual se está trabalhando ao determinar os conjuntos domínio e imagem de uma função.

**Q4.** Considerando as informações presentes no *Datasheet* do diodo 1N4148, responda:

- (i) Qual é a sua corrente de saturação reversa ( $I_R$ ) em 25°C a uma tensão de polarização reversa ( $V_R$ ) de 20 V?
- (ii) Considerando que, conforme apresentado no *Datasheet*, para conduzir uma corrente direta ( $I_F$ ) de 10 mA, o diodo 1N4148 necessita, em geral, de uma tensão direta ( $V_F$ ) de 0,86 V, determine o fator de idealidade deste diodo.

**Q5.** Considerando o diodo 1N4148, construa uma representação gráfica para  $I_F$  em função de  $V_F$  considerando uma temperatura de 25°C.

**Q6.** Analisando a representação gráfica construída em Q5, responda:

- (i) O que acontece com os valores de  $V_F$  à medida em que os valores de  $I_F$  crescem ilimitadamente? Como tal comportamento poderia ser explicado a partir da expressão algébrica de  $I_F$ ?
- (ii) O que acontece com os valores de  $I_F$  à medida em que os valores de  $V_F$  decrescem ilimitadamente? Como tal comportamento poderia ser explicado a partir da expressão algébrica de  $I_F$ ?
- (iii) Na representação gráfica construída na questão 5, o primeiro quadrante representa a região de polarização direta do diodo. Você observa, nesta região, um ponto em que há uma mudança no comportamento da função  $I_F$ ? Se sim, que ponto é esse e qual seu significado no contexto do estudo dos diodos?
- (iv) Qual é a corrente conduzida quando a tensão direta é de 0,86 V? Esse comportamento era esperado? Explique.
- (v) Na representação gráfica construída na questão 5 o terceiro quadrante representa a região de polarização reversa. Nesta região, qual o significado de trabalhar com valores negativos de corrente e valores negativos de tensão? Do ponto de vista físico, tais valores são, de fato, negativos?
- (vi) Descreva o comportamento de  $I_F$  em função de  $V_F$  na região de polarização reversa (3º quadrante).

**Q7.** A partir de suas respostas à questão 6, por qual expressão algébrica você poderia aproximar a equação de Shockley na região de polarização direta do diodo? E na região de polarização reversa?

Para responder ao item (i) da questão 4, apenas a competência matemática utilizar instrumentos e ferramentas (no caso o *Datasheet* do diodo) é requerida/desenvolvida. Na questão 5, apenas a competência matemática relacionada à análise e construção de modelo não se faz presente. Para responder aos itens (i), (ii) e (vi) da questão 6, as equipes poderão mobilizar/desenvolver todas as competências matemáticas dos dois grupos, exceto modelar matematicamente e representar entidades matemáticas. Nos itens (iii) e (iv), apenas a competência modelar matematicamente não é requerida. Responder ao item (v) não exige a mobilização de competências matemáticas, mas apenas uma análise das convenções estabelecidas pela Eletrônica no estudo dos diodos. Por sua vez, para obter a resposta ao questionamento 7, todas as oito competências matemáticas elencadas por Niss (2003) são postas em ação. Neste segundo encontro, entendemos também as seis competências gerais que elencamos no Quadro 3 provavelmente serão requeridas do estudante.

Finalmente, no terceiro encontro, o processo de resolução da atividade será concluído e, para isso, mais três questões auxiliares serão propostas, como apresentamos a seguir. Estas oportunizam aos estudantes: a análise da influência, na representação gráfica de uma função, da variação no valor de uma constante na representação algébrica desta função; determinar, recorrendo à representação gráfica ou à representação algébrica de uma função, o valor de sua imagem para um determinado elemento do domínio.



Finalmente, responder à questão central da atividade, que denotamos por QC, possibilitará aos grupos de discentes, a partir da representação gráfica ou da representação algébrica de uma função, obter o elemento do domínio que tem como imagem pela função um valor conhecido; optando por trabalhar com a representação algébrica, os estudantes terão também que resolver uma equação exponencial.

**Q8.** Antes de prosseguirmos nas questões que permitirão resolver o problema originalmente proposto, vamos aproveitar para compreender a influência do fator de idealidade no comportamento dos diodos. Considerando a temperatura em  $25^{\circ}\text{C}$  (e, consequentemente,  $V_T = 0,0257025\text{ V}$ ) e  $I_R = 25 \times 10^{-9}\text{ A}$ , represente graficamente  $I_F$  adotando outros valores para o fator de idealidade  $n$ , considerando sempre  $n \geq 1$ . O que você observa? Qual a influência de  $n$  nestas representações gráficas e, consequentemente, no comportamento dos diodos?

**Q9.** Sabendo que para um diodo de silício na região de polarização reversa, a corrente reversa dobra a cada elevação de  $10^{\circ}\text{C}$  na temperatura, por meio de uma análise gráfica descreva o comportamento do diodo 1N4148 na região de polarização direta à medida em que a temperatura aumenta ou diminui.

**Q10.** A partir do que você percebeu por meio da questão 9, determine a corrente conduzida pelo diodo quando este é submetido a uma tensão direta de  $0,94\text{ V}$  e está operando nas seguintes temperaturas: (a)  $25^{\circ}\text{C}$ ; (b)  $35^{\circ}\text{C}$ ; (c)  $45^{\circ}\text{C}$ ; (d)  $55^{\circ}\text{C}$ ; (e)  $15^{\circ}\text{C}$ ; (f)  $5^{\circ}\text{C}$ ; (g)  $-5^{\circ}\text{C}$ .

**QC.** Considere o diodo 1N4148 submetido a uma corrente de  $30\text{ mA}$  e determine a queda de tensão direta através dele e os valores aproximados de suas correntes de saturação nas seguintes temperaturas:  $-45^{\circ}\text{C}$ ,  $50^{\circ}\text{C}$  e  $125^{\circ}\text{C}$ .

Todas as oito competências matemáticas são requeridas do estudante nas questões 9 e QC. A competência modelar matematicamente não é contemplada nas questões 8 e 10 e a competência representar entes matemáticos não se faz presente apenas na questão 10. Além disso, todas as competências gerais indicadas no Quadro 3 também são contempladas neste grupo de questões.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apresentamos neste trabalho uma atividade elaborada, com subsídio teórico da TMCC, a partir de um problema específico da Eletrônica, área inerente aos cursos de Engenharia de Controle e Automação e habilitações afins que, em nossa concepção tem potencial para oportunizar o desenvolvimento de competências, tanto matemáticas quanto gerais requeridas de um futuro engenheiro.

Entendemos que esse trabalho é relevante tendo em vista o que é estabelecido pelas DCN (BRASIL, 2019) no que se refere a possibilitar ao estudante, desde o início de seu percurso formativo, o que inclui as disciplinas de Ciências Básicas e de Matemática, trabalhar com situações mais próximas de sua área de interesse e futura atuação profissional e que, nesta abordagem, seja possível desenvolver uma série de competências, tanto as específicas das disciplinas (no caso deste trabalho, a Matemática e especificamente o Cálculo Diferencial e Integral) quanto às de naturezas gerais, de cunho mais transversal, preconizadas nas Diretrizes Curriculares Nacionais.

Embora a relevância deste tipo de abordagem seja ponto pacífico entre pesquisadores e professores que atuam na Engenharia, há carência de materiais didáticos que possam ilustrar aos docentes como elaborar, implementar e analisar atividades que, simultaneamente, possibilitam vincular as disciplinas básicas com as específicas e desenvolver ou mobilizar competências disciplinares e gerais. Cientes dessa necessidade, temos buscado, em nossas contribuições para o COBENGE, desde 2018 (GOMES et al. 2018a, 2018b e LIMA et al., 2020), ilustrar algumas situações com potencial de serem desenvolvidas em sala de aula.

Encerramos essas considerações destacando que a atividade elaborada será por nós implementada pela primeira vez no primeiro semestre de 2021, de forma remota. Neste sentido, as competências matemáticas e gerais que associamos a cada uma das questões são provenientes de nossa análise preliminar da atividade. Outros docentes poderiam

analisa-la sob outras perspectivas e identificar competências distintas em algumas questões. Da mesma forma, ao efetivamente realizarmos a intervenção com os estudantes, podemos obter resultados que, em alguma medida, diferem desses por nós *a priori* esperados.

## REFERÊNCIAS

BARROS, D. M. V. A Teoria dos Estilos de Aprendizagem: convergência com as tecnologias digitais. **Revista SER: Saber, Educação e Reflexão**, v.1, n.2, p. 14-28, Jul. – Dez. 2008.

BOYLESTAD, R. L., NASHESKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos**. 11. ed. São Paulo: Pearson, 2013.

BRASIL. Ministério da Educação. Resolução CNE/CES n. 2/2019, de 23 de abril de 2019. Institui as Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) do Curso de Graduação em Engenharia, 2019.

BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. **Recherches en didactique des mathématiques**, v. 4, n. 2, p. 165-198, 1983.

CAMARENA, P. Constructos Teóricos de la Metodología Dipping en el Área de la Matemática. **Memorias**: 3º Congreso Internacional de Ingeniería Electromecánica y de Sistemas. Ciudad de México: IPN - ESIME – SEPI, 2004.

\_\_\_\_\_. **Aportaciones de Investigación al Aprendizaje y Enseñanza de la Matemática en Ingeniería**, 2010. Disponível em: [http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/camarenagallardo/dra\\_patricia\\_camarena\\_gallardo.pdf](http://www.ai.org.mx/ai/archivos/ingresos/camarenagallardo/dra_patricia_camarena_gallardo.pdf) - Acesso em: 02 de jun. de 2020.

\_\_\_\_\_. A treinta años de la teoría educativa "Matemática en el contexto de las ciencias", **Revista Innovación Educativa**, Vol. 13, Núm. 62, p.17-44, 2013.

\_\_\_\_\_. Didáctica de la matemática en contexto. **Educación Matemática Pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 01-26, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.23925/1983-3156.2017v19i2p1-26>.

GOMES, E. *et al.* Análise Dinâmica de Pórticos: uma oportunidade para a construção de um evento contextualizado para o ensino e a aprendizagem de Álgebra Linear. Em: XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2018, **Anais...** Salvador/Brasil, p. 01-10, 2018a.

GOMES, E. *et al.* Utilização de eventos contextualizados nas aulas de Vetores e Geometria Analítica – primeiras reflexões. Em: XLVI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia – Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2018, **Anais...** Salvador/Brasil, p. 01-10, 2018b.

HERNÁNDEZ, C. V.; ALONSO, C. P. **CHAEA 32 simplificada: Propuesta basada em Análisis Multvariantes**. 2013. Dissertação (Mestrado) – Análisis Avanzado de Datos Multivariantes. Universidad de Salamanca, Salamanca, 2013. Disponível em: <http://hdl.handle.net/10366/122182>. Acesso em: 03 mar. 2021.

LIMA, G. L.; BIANCHINI, B. L.; GOMES, E. Conhecimentos docentes e o Modelo Didático da Matemática em Contexto: reflexões iniciais. **Educación Matemática Debate**, Vol. 2, No. 4, pp. 116-135, 2018 DOI <http://dx.doi.org/10.24116/emd25266136v2n42018a06>.

LIMA, G. L.; BIANCHINI, B. L.; GOMES, E. Estudando a Curva Característica de um Diodo Semicondutor na disciplina inicial de Cálculo Diferencial e Integral: oportunidade para o desenvolvimento de competências matemáticas e gerais na Engenharia. Em: XXII Encuentro Nacional y XIV Internacional de Educación Matemática en Carreras de Ingeniería – Universidad Católica del Uruguay, 2021, **Anais...** Evento Online, p. 01-11, 2021 (no prelo).

LIMA, G. L. *et al.* Ensino da Matemática na Engenharia e as atuais Diretrizes Curriculares Nacionais: o Modelo Didático da Matemática em Contexto como possível estratégia. **Currículo sem Fronteiras**, Vol. 21, No. 2, 2021 (no prelo).

LIMA, G. L. *et al.* O problema dos pórticos: uma intervenção didática construída para a disciplina de Cálculo Diferencial Integral. Em: XLVIII Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia - Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2020, **Anais...** Evento Online, p. 01-10, 2020.

NISS, M. Mathematical Competencies and the Learning of Mathematics: The Danish KOM project. In: GAGATSIS, A. e PAPA STRAVIDIS, S. (Eds.). **3<sup>o</sup> Mediterranean Conference on Mathematics Education 2003**. Atenas – Grécia: Hellenic Mathematical Society and Cyprus Mathematical Society, p.115-124, 2003.

\_\_\_\_\_. 'Kompetencer og uddannelsesbeskrivelse', **Uddannelse** v.9, p. 9-28, 1999.

STEWART, J. **Cálculo** – Volume 1. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2017.

### THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL COMPETENCIES AND GENERAL COMPETENCIES THROUGH A CONTEXTUALIZED ACTIVITY IN THE STUDY OF A SEMICONDUCTOR DIODE

**Abstract:** *The goal of this paper is to present an activity planned to be developed with students of Control and Automation Engineering or correlated undergraduate programs of Engineering in an initial course of Differential and Integral Calculus. The activity links the study of real exponential functions of a real variable with some inherent aspects of the characteristic curve of a semiconductor diode. The activity for which we propose a collaborative work has potential to develop mathematical competencies (according to Niss) and general competencies (established by the Current National Curricular Guidelines for Engineering Programs). For the elaboration and suggestion of the activity's implementation, we adopted theoretical and methodological precepts of the Theory of Mathematics in the Context of Sciences. The activity is composed of a preview preparation, a central question and a set of auxiliar questions. For each of the questions we detail the mathematical and general competencies which may possibly be developed or mobilized by the students.*

**Keywords:** Engineering. Diode. Functions. Competencies. Contextualized activity.