RBECT Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia

Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia
ISSN: 1982-873X

https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect

# Uma abordagem contextualizada da matemática na engenharia: as potencialidades das perguntas dos professores

**Barbara Lutaif Bianchini**
barbaralb@gmail.com
0000-0003-0388-1985
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

**Eloiza Gomes**
eloiza@maua.br
0000-0002-1217-9904
Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, São Paulo, Brasil.

**Gabriel Loureiro de Lima**
gloureirolima@gmail.com
0000-0002-5723-0582
Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, São Paulo, Brasil.

## RESUMO

Neste trabalho, tem-se por objetivo apresentar os resultados de dois dos três encontros remotos de uma intervenção na qual noções relacionadas às funções reais de uma variável real foram abordadas por meio de um problema no contexto do estudo da curva característica de um diodo semicondutor, elaborado e implementado de acordo com os preceitos teóricos e metodológicos da Teoria A Matemática no Contexto das Ciências. Por meio de dados obtidos da gravação em áudio e vídeo dos encontros, dos quais participaram, voluntariamente, sete estudantes ingressantes de um curso de Engenharia, com interesse na habilitação Controle e Automação, direcionou-se a atenção à comunicação estabelecida entre os pesquisadores e os sujeitos, no que se refere aos tipos de questionamentos feitos pelos pesquisadores, às respostas dadas pelos estudantes e aos aspectos por elas revelados. Atentou-se a aspectos relativos à transposição de conhecimentos da Matemática para um campo de aplicação e à mobilização de competências matemáticas e competências gerais que constituem a base epistemológica da Engenharia. Entre os resultados, observa-se que as questões norteadoras e as subquestões delas advindas, propostas pelos pesquisadores, possibilitaram concluir que as competências de manusear símbolos, representar entidades matemáticas e comunicar-se em, com e sobre a Matemática precisariam ser mais bem desenvolvidas pelos sujeitos. No que se refere às competências gerais que constituem a base epistemológica da Engenharia, nota-se que a habilidade para realizar pesquisas na literatura e usar bases de dados e outras fontes de informação deve ser mais bem explorada, assim como o trabalho com situações que requerem avaliação crítica do que é dado para elaborar conclusões. A dificuldade cognitiva mais perceptível relacionada ao objeto matemático função foi trabalhar, de maneira articulada, com as diferentes representações de uma função. Em termos de obstáculos epistemológicos destaca-se o de considerar a ordem das variáveis em uma função como irrelevante. Em relação à transposição de saberes matemáticos para seus campos de aplicação, evidencia-se que os estudantes participantes enfrentam dificuldades em trabalhar com a simbologia relacionada às funções, as quais são provenientes, entre outras causas, do fato de haver mais do que duas grandezas envolvidas na expressão algébrica com a qual se estava operando. Por fim, destaca-se que, na percepção dos sujeitos, vivenciar o processo de resolução do problema proposto oportunizou que ampliassem suas visões quanto à necessidade de exercitar a aplicação da Matemática na resolução de problemas reais e que compreendessem de outras formas os conceitos desta ciência e da Física.

**PALAVRAS-CHAVE**: Evento Contextualizado. Funções. Diodo. Questionamentos Docentes. Competências.

## INTRODUÇÃO[1]

Uma das temáticas que vêm sendo exploradas pelos integrantes do Grupo de Trabalho Educação Matemática no Ensino Superior (GT-04), da Sociedade Brasileira de Educação Matemática, é o ensino e a aprendizagem de Matemática em cursos aos quais essa ciência está a serviço, ocupando a Engenharia um papel de destaque nesse cenário. Como se discute em Gomes, Bianchini e Lima (2021), a partir das ideias de Bernhard (2015), Christensen *et al.* (2015) e Christensen e Mejlgaard (2015), alguns dos pilares das reflexões no campo da Educação em Engenharia têm sido: a compreensão dos campos de conhecimento essenciais para a formação e a atuação profissional do futuro engenheiro; e como engajar os graduandos, de maneira ativa, em seus próprios processos de aprendizagem, considerando-se estratégias didático-pedagógicas como a Aprendizagem Baseada em Problemas (ABP).

Christensen e Mejlgaard (2015) defendem a existência de cinco principais áreas de pesquisa na Educação em Engenharia:

1. **Epistemologias da Engenharia:** pesquisas sobre o que constitui o pensamento e o conhecimento da Engenharia nos contextos sociais atuais e futuros.

2. **Mecanismos de Aprendizagem em Engenharia:** pesquisas sobre o desenvolvimento do conhecimento e das competências dos alunos de Engenharia.

3. **Sistemas de Aprendizagem em Engenharia:** pesquisas sobre a cultura instrucional, infraestrutura institucional e epistemologia dos educadores que atuam na Engenharia.

4. **Diversidade e inclusão na Engenharia:** pesquisas sobre como os diversos talentos humanos contribuem com soluções para os desafios sociais e globais e a relevância da profissão.

5. **Avaliação na Engenharia:** pesquisas e desenvolvimento de métodos, instrumentos e métricas de avaliação para investigar a prática e o aprendizado da Educação em Engenharia.

Como se enfatiza em Gomes, Bianchini e Lima (2021), os autores desta pesquisa têm, em seus estudos, enfocado duas dessas frentes: os mecanismos e os sistemas de aprendizagem em Engenharia. Neste artigo, especificamente, em primeiro lugar retomam-se os principais resultados, detalhadamente discutidos em Gomes, Bianchini e Lima (2021), acerca do primeiro de três encontros realizados com estudantes ingressantes em um curso de Engenharia, nos quais se abordam noções relacionadas às funções reais de uma variável real por meio de um problema, vinculado à Engenharia de Controle e Automação e habilitações afins, inserido no contexto do estudo da curva característica de um diodo semicondutor. Em seguida, analisa-se, nos mesmos moldes empregados para o estudo do primeiro encontro, o que ocorreu no segundo.

O problema foi elaborado e implementado em consonância aos preceitos teóricos e metodológicos da Teoria A Matemática no Contexto das Ciências (TMCC) e, na análise apresentada, volta-se a atenção à comunicação estabelecida pelos autores deste artigo (que implementaram o problema) com os sujeitos, em particular no que se refere aos tipos de questionamentos feitos, às respostas dadas pelos estudantes e aos aspectos por elas revelados, com o objetivo de analisar **que elementos as comunicações entre os atores participantes da resolução de um problema matemático contextualizado na Engenharia revelam em relação aos conhecimentos dos alunos, suas habilidades em transpô-los da Matemática para uma situação da Engenharia, os entraves enfrentados nessa transposição e as competências matemáticas mobilizadas pelos sujeitos**.

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O principal subsídio que os autores deste artigo têm adotado nas investigações acerca do ensino e da aprendizagem de Matemática em cursos de Engenharia é a TMCC. Este referencial começou a ser desenvolvido pela pesquisadora Patricia Camarena Gallardo há quase quatro décadas, no Instituto Politécnico Nacional do México. Seu intuito era embasar reflexões a respeito da Educação Matemática no Ensino Superior, especialmente em cursos em que a Matemática não é objeto principal de estudo, mas constitui uma ciência a serviço da formação de determinado profissional. Em relação especificamente aos cursos de Engenharia, Camarena (2015, p. 112) destaca que, no âmbito desse marco teórico, a Matemática é concebida como "ferramenta e linguagem da Engenharia", além de ter caráter formativo, uma vez que o desenvolvimento de "uma cultura matemática e de um pensamento matemático contribui para que o estudante atue na sociedade de maneira fundamentada, crítica, analítica e científica" (CAMARENA, 2017, p. 2).

Na TMCC, assume-se como paradigma o fato de os conhecimentos científicos terem se desenvolvido, do ponto de vista histórico-epistemológico, de maneira integrada, e adota-se como pressuposto que, nos cursos universitários nos quais a Matemática é uma disciplina de serviço, deve-se formar profissionais capazes de transferir os conhecimentos matemáticos para as áreas que os requerem (CAMARENA, 2013). Nesse sentido, três elementos tornam-se essenciais: a interdisciplinaridade, a contextualização e a transposição contextualizada. Estes são articulados na TMCC por meio da noção de eventos contextualizados (EC), ou seja, problemas, projetos ou estudos de caso contextualizados a partir de situações que podem ser, segundo Camarena (2017), oriundas (i) das demais disciplinas que compõem a matriz curricular da Engenharia (sendo tais eventos os mais apropriados para as disciplinas básicas, como é o caso da Matemática); (ii) das atividades profissionais que o estudante exercerá ao concluir a graduação ou (iii) de sua vida cotidiana.

Os EC, ao serem propostos em disciplinas matemáticas, possibilitam a vinculação delas com as disciplinas não matemáticas, particularmente as específicas da Engenharia, constituindo-se como instrumentos para a contextualização da Matemática, de uma perspectiva interdisciplinar, com potencial de oportunizar o desenvolvimento, por parte dos estudantes, de habilidades para realizar a transposição contextualizada. Essa transposição, segundo Camarena (2004), é entendida como as modificações que um saber matemático ensinado em uma disciplina deve sofrer para se tornar um saber de aplicação em situações específicas da Engenharia.

A noção de transposição contextualizada, desenvolvida na esfera da TMCC, está alinhada aos apontamentos de Buch e Bucciarelli (2015, p. 499), que fazem crítica à ideia de que o conhecimento é "algo que os indivíduos podem instrumentalmente colocar em uso – independentemente do contexto". Como salienta Bernhard (2015), é desejável inserir uma adequação profissional nos cursos de Engenharia, o que significa trabalhar, durante o percurso formativo do estudante, com problemas semelhantes aos reais com os quais irá se deparar em sua atuação como engenheiro. O trabalho com EC é potencialmente relevante para auxiliar a alcançar esse objetivo e é essencial para possibilitar aos estudantes exercitar e adquirir desenvoltura na realização da transposição contextualizada. No entanto, a elaboração de eventos é uma tarefa-chave e não trivial para o professor que leciona Matemática em cursos de Engenharia.

Uma das dificuldades dessa tarefa reside no que é denominado por Christensen *et al*. (2015) de **paradoxo da contextualização-descontextualização**: ao passo que os engenheiros empregam os conhecimentos matemáticos em contextos particulares e trabalham de maneira sensivelmente dependente do contexto, os matemáticos e outros cientistas das áreas básicas, em geral, utilizam os conceitos inerentes aos seus campos de conhecimento de maneira descontextualizada e, muitas vezes, têm dificuldades em reconhecer as formas pelas quais tais conceitos podem ser contextualizados. Além disso, como destacam os autores, o contexto não pode ser "um fim em si mesmo, mas sim um meio para um determinado fim" (CHRISTENSEN *et al*., 2015, p. xxiii). Ao adotar os subsídios da TMCC, objetiva-se que o contexto possibilite ao estudante perceber o porquê deve aprender determinado tema ou conceito matemático, em que aspectos ele o capacita para as demandas de sua futura profissão, e que mobilize ou desenvolva competências matemáticas.

Uma competência, na acepção de Camarena (2015, p. 118), "é a mobilização cognitiva dos atributos de um profissional para enfrentar uma situação-problema fazendo uso da integração de todo seu cabedal de conhecimentos, habilidades, atitudes e valores". No que se refere às competências específicas da Matemática, os autores deste artigo associam à essa ideia de Camarena a concepção de Niss (2003, p. 6), para quem competência matemática "significa a habilidade de compreender, julgar, fazer e empregar a Matemática em uma variedade de contextos e situações intra e extramatemáticos em que esta ciência desempenha ou poderia desempenhar um papel". Para o autor, as competências matemáticas são: (C1) dominar modos de pensamento matemático; (C2) propor e resolver problemas matemáticos; (C3) analisar e construir modelos matemáticos; (C4) raciocinar matematicamente; (C5) representar entidades matemáticas; (C6) manusear símbolos e trabalhar com o formalismo matemático; (C7) comunicar em, com e sobre a Matemática; e (C8) utilizar instrumentos e ferramentas, incluindo as tecnológicas.

Além disso, é pertinente que o docente, ao buscar um contexto e, consequentemente, elaborar um EC, considere as possíveis dificuldades cognitivas e os obstáculos epistemológicos (BROUSSEAU, 1983) que, por meio desse evento, poderão ser enfrentados e, na medida do possível, minimizados. Tendo em conta esses aspectos, Camarena e González (2001) propõem uma sequência de etapas visando à coleta de dados que subsidiarão o docente na construção de um EC. Essas etapas contemplam análises de livros de disciplinas específicas da Engenharia, livros e planos de ensino de disciplinas matemáticas, um estudo histórico-epistemológico do objeto matemático que se deseja abordar e as dificuldades de natureza cognitiva que, a partir de pesquisas realizadas por outros investigadores, relacionam-se a tal objeto. Foi essa a estratégia empregada para a construção do EC, cuja implementação analisa-se neste artigo. Para maior aprofundamento a respeito do processo de elaboração desse EC, sugere-se a consulta a Lima, Bianchini e Gomes (2021).

Para o evento em tela nesta pesquisa, propõe-se uma organização didático-pedagógica que permita ao futuro engenheiro também desenvolver competências genéricas que, na concepção de Grimson e Murphy (2015), compõem três estratos (E1, E2 e E3) constituintes da base epistemológica da Engenharia: (E1) emprego competente de conhecimentos construídos antes do ingresso na universidade; (E2) competências vinculadas àqueles que devem ser os resultados, em termos de aprendizagem, de um curso de Engenharia; e (E3) competências requeridas do profissional da Engenharia. O Modelo Didático da Matemática em Contexto (MoDiMaCo), atrelado à TMCC, é aderente à essa preocupação, pois centra-se nos estudantes que, em equipes de trabalho colaborativo, constituídas por integrantes, cada qual com seu estilo próprio de aprendizagem, construirão, mediados pelo professor, conhecimentos matemáticos com base na resolução do EC (CAMARENA, 2017).

A implementação do evento se deu em três encontros de duas horas cada; neste trabalho, retomam-se os principais resultados da análise do primeiro deles, originalmente apresentados em Gomes, Bianchini e Lima (2021) e, nos mesmos padrões anteriormente adotados, procede-se à análise do segundo encontro. Essa análise centra-se nos tipos de questões propostas pelos autores do artigo, tanto as pré-elaboradas como as que surgiram naturalmente no decorrer dos dois encontros, em seus objetivos e o que se percebeu, por meio das respostas dos estudantes, em relação às suas habilidades de realizar a transposição contextualizada das noções matemáticas em foco, em suas competências matemáticas e gerais, nos obstáculos epistemológicos e nas dificuldades cognitivas com que se depararam.

A discussão realizada está vinculada à comunicação em sala de aula por entender-se, assim como Botelho e Rocha (2015), ser esse um fator primordial para o pleno funcionamento dos processos de ensino e de aprendizagem de Matemática. Assume-se, neste trabalho, o termo comunicação matemática como sendo **a habilidade de expressar ideias ou noções matemáticas, um mediador poderoso de mudança nos comportamentos cognitivos complexos, uma vez que pode promover a construção de significado, o automonitoramento e a reflexão, e a co-construção de novas ideias** (MARLIANI; WALUYA; CAHYONO, 2021; NATHAN; KIM, 2009).

Para Machado *et al.* (2020), há quatro ações discursivas a serem mobilizadas no intuito de promover a comunicação: explicar, questionar, ouvir e responder. Neste artigo, ao se proceder à análise das respostas dos estudantes, foca-se no **questionar** e, consequentemente, no **ouvir**, uma vez que, conforme Diaz *et al.* (2013), um objetivo essencial na educação é oportunizar ao estudante a promoção e o desenvolvimento do pensamento. Um dos elementos, atrelado à ideia de comunicação, que pode possibilitar o alcance desse objetivo é o emprego de estratégias apropriadas de questionamento aos estudantes por parte dos docentes, no sentido de "encorajar, estender e, mais importante, desafiar o pensamento dos alunos" (DIAZ *et al.*, 2013, p. 163). Machado e Lacerda (2020, p. 2) consideram a pergunta como essencial na comunicação, uma vez que, ao formular uma questão, estabelece-se "terreno fértil para o entendimento sobre algo. Neste viés, as perguntas têm um papel muito importante na organização de tarefas matemáticas".

Ao realizar questionamentos, o professor deve ter em mente, como salientam Tienken, Goldberg e Dirocco (2009, p. 40), que, do ponto de vista da demanda cognitiva requerida dos estudantes ao responder a uma questão, existem diferenças entre perguntas **produtivas** ("que fornecem aos estudantes a oportunidade de criar, analisar ou avaliar") e **reprodutivas** ("que estimulam os alunos a imitar, relembrar ou aplicar o conhecimento e as informações ensinadas pelo professor, por meio de um processo de simulação"). Segundo os autores, "os professores precisam planejar uma rota e uma estratégia para usar as perguntas de forma produtiva e desenvolver o pensamento dos alunos com base nos objetivos de aprendizagem de suas aulas" (TIENKEN; GOLDBERG; DIROCCO, 2009, p. 42).

Yenmez *et al.* (2018) afirmam que os propósitos dos professores ao realizar determinado questionamento direcionam os tipos de perguntas formuladas, uma vez que elas têm por objetivo "verificar o conhecimento ou orientar o pensamento dos alunos, focar a atenção dos discentes em diferentes estratégias matemáticas, ou levá-los a explicar ou justificar seus pensamentos" (p. 2).

Subsidiados pelas ideias de Fazio (2019), os autores deste estudo assumem três categorias principais (não distintas, mas sobrepostas) de perguntas que um professor poderá fazer com vistas a potencializar a aprendizagem: as que requerem **recuperação** (objetivando o resgate de conhecimentos prévios), as que exigem **metacognição** (demandando uma reflexão a respeito do raciocínio adotado) e as que envolvem raciocínio (solicitando a dedução de algo a partir de uma ou mais premissas).

Na organização didática proposta para o EC, elaborou-se a *priori* uma série de **questões norteadoras**, que, na acepção de Sahin e Kulm (2008), são as que têm o papel de **orientar os estudantes no emprego de conceitos e procedimentos matemáticos visando à resolução de problemas**. Tais questões, que deveriam ser respondidas pelos estudantes durante os encontros, podem ser consideradas como **factuais**, uma vez que requeriam uma resposta pré-determinada e permitiam aos pesquisadores identificar os conhecimentos básicos dos estudantes e como eram transpostos para o contexto da Engenharia.

Além das questões pré-elaboradas, durante a intervenção, foi proposta uma série de perguntas aos estudantes, configuradas como **questionamentos competentes**, na acepção de Viseu e Oliveira (2012), uma vez que se buscou ouvir as respostas dos estudantes no intuito de coletar dados que permitissem aos autores deste artigo inferir acerca das maneiras de raciocinar dos alunos. A classificação das questões factuais propostas se deu conforme a tipologia concebida por Boaler e Brodie (2004), evidenciada por meio do Quadro 1.

Quadro 1 – Tipos de questões e suas respectivas descrições

| Tipo de Questão | Descrição |
|---|---|
| T1. Compilando informações e conduzindo por meio de um método | Requer resposta imediata.<br>Permite tentativas e erros com base em fatos ou procedimentos conhecidos.<br>Possibilita que os estudantes façam afirmações sobre fatos ou procedimentos conhecidos. |
| T2. Utilizando ou inserindo terminologias | Oportuniza que a linguagem matemática seja corretamente empregada para as ideias em discussão. |
| T3. Explorando significados matemáticos e/ou relações | Proporciona destacar relações matemáticas e significados.<br>Propicia fazer ligações entre ideias matemáticas e representações. |
| T4. Sondando e requerendo explicações de pensamentos | Viabiliza aos estudantes articular, elaborar ou esclarecer ideias. |
| T5. Gerando discussões | Provoca contribuições de outros estudantes da sala, além daquele que está respondendo à questão. |
| T6. Relacionando e aplicando | Permite relacionar ideias matemáticas.<br>Facilita relacionar ideias matemáticas com ideias de outras áreas de estudo ou da vida. |
| T7. Estendendo o pensamento | Oportuniza estender o que está sendo discutido em determinada situação para outras situações em que ideias similares podem ser utilizadas. |
| T8. Orientando e focando | Auxilia os estudantes a focar em elementos-chave ou elementos da situação que possibilitam a resolução de problemas. |
| T9. Estabelecendo contexto | Motiva discutir questões fora da Matemática e estabelecer relações com a Matemática. |

Fonte: Adaptado de Boaler e Brodie (2004, p. 777, tradução nossa).

Explicita-se, na sequência, o EC elaborado, sua organização didática e a metodologia empregada em sua implementação.

## O EC, SUA ORGANIZAÇÃO DIDÁTICA, PROCEDIMENTOS DE IMPLEMENTAÇÃO E METODOLOGIA DA PESQUISA

Estabeleceu-se, *a priori*, que seria elaborado um EC relacionado ao estudo de aspectos da teoria referente aos diodos semicondutores, por meio de uma das etapas propostas por Camarena e González (2001); identificou-se, no livro **Dispositivos Eletrônicos e Teoria dos Circuitos** (BOYLESTAD; NASHELSKY, 2013), uma situação relacionada ao estudo da curva característica de um diodo semicondutor, que possibilitaria abordar as funções exponenciais reais de uma variável real de forma contextualizada na Engenharia de Controle e Automação. Embora até o momento tenha sido realizada apenas uma experiência piloto, entende-se que o EC (apresentado a seguir) pode ser trabalhado em uma disciplina inicial de Cálculo Diferencial e Integral, para que os estudantes ingressantes possam revisitar o conteúdo matemático em foco, mas de maneira já direcionada à Engenharia, e não como uma revisão do que estudou no Ensino Médio.

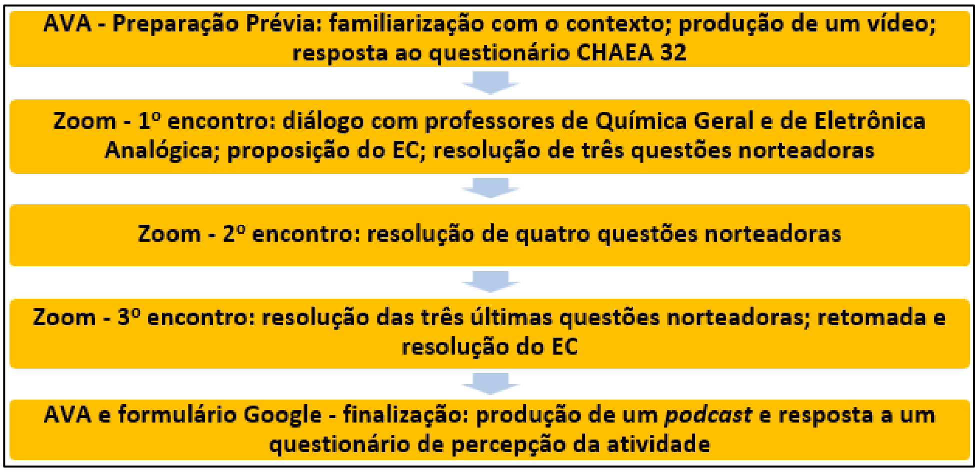
**Evento Contextualizado:** um diodo, assim como os demais componentes eletrônicos, precisa de certo tempo para passar do seu estado de condução para não condução; é o chamado tempo de recuperação do diodo. Muitas aplicações práticas exigem diodos que "se recuperem" com facilidade, isto é, que passem, no mínimo intervalo de tempo possível, do estado de condução para o de não condução. Um dos diodos de silício com essa característica é o 1N4148, um dos mais empregados na eletrônica, com tempo de recuperação de 4 nA. O *Datasheet* do diodo 1N4148, no qual se destacam as características elétricas desse dispositivo, pode ser acessado em https://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/551820/WINNERJOIN/1N4148.html.

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 $I_F = I_R\left(e^{\frac{V_F}{nV_T}} - 1\right)$. Nesta equação, $I_F$ 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, e $V_T$ representa a tensão térmica, definida por: $V_T = \frac{kT_K}{q}$ , 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, dada pela adição entre 273 e a medida da temperatura em graus Celsius, $q$ é a magnitude da carga elétrica elementar, dada por $1{,}6 \times 10^{-19}\,C$.

Considerando as informações apresentadas e assumindo que o diodo 1N4148 está submetido a uma corrente de 30 mA, determine a queda de tensão direta através dele e os valores aproximados de suas correntes de saturação nas seguintes temperaturas: – $\mathbf{45°C}$, $\mathbf{50°C}$ e $\mathbf{125°C}$.

Do ponto de vista didático, a implementação do EC (esquematizada na Figura 1) foi organizada contemplando-se os seguintes momentos: preparação prévia (realizada em um Ambiente Virtual de Aprendizagem [AVA] de modo assíncrono); três encontros síncronos, via plataforma Zoom, de duas horas de duração cada um, em que foram trabalhadas 10 questões norteadoras. Ao final do terceiro encontro, o evento foi efetivamente resolvido e, em um momento posterior (de modo assíncrono), os sujeitos realizaram duas atividades de finalização do trabalho.

Figura 1 – Etapas de implementação do EC




Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Participaram, voluntariamente, da implementação do EC, conduzida pelos autores deste artigo, sete estudantes do primeiro semestre de um curso de Engenharia ofertado por uma instituição privada do Estado de São Paulo, com interesse em seguir a habilitação Controle e Automação. Os dados foram coletados por meio dos vídeos enviados pelos estudantes no momento de preparação prévia, por suas produções escritas durante os encontros síncronos, pelas gravações em áudio e vídeo de tais encontros, pelos podcasts elaborados pelos estudantes na finalização da atividade e pelo questionário que responderam após o término da implementação.

Neste artigo, os autores se detêm a uma síntese dos principais resultados do primeiro encontro, à análise do segundo, com foco específico nos dados obtidos por meio da gravação em áudio e vídeo desses momentos, nos quais os sujeitos responderam às questões norteadoras, consideradas oportunas de serem propostas pelos pesquisadores durante os encontros, e às respectivas respostas dos sujeitos aos questionamentos. Nos encontros analisados, os estudantes trabalharam em dois grupos, um composto por três integrantes e outro, por quatro. Foram analisadas as participações de todos os sujeitos que se expressaram oralmente ou por escrito.

Nos encontros em foco neste artigo, enquanto os grupos de estudantes respondiam às questões norteadoras elaboradas previamente pelos pesquisadores, estes iam, à medida que essas se tornavam relevantes, propondo subquestões formuladas durante a intervenção, a partir das manifestações dos estudantes, de suas dúvidas, comentários, compreensões equivocadas a respeito do que estava sendo trabalhado ou mesmo diante de inércia perante as questões norteadoras. Na sequência, apresenta-se a síntese dos aspectos mais relevantes observados a partir das análises referentes ao primeiro encontro.

## PRINCIPAIS RESULTADOS DO PRIMEIRO ENCONTRO

No primeiro encontro, conforme evidencia o esquema ilustrado na Figura 1, os estudantes trabalharam com as três primeiras questões norteadoras e com as subquestões a elas relacionadas, estas apresentadas no Quadro 2. Para melhor compreensão, é necessário explicitar as siglas empregadas nos Quadros 4, 5, 6, 7 e 8. Denotam-se por $Ti$ as tipologias (BOALER; BRODIE, 2004) de questões apresentadas no Quadro 1; por $Si.j$ a subquestão $j$ relacionada à questão norteadora $i$; e por $RSi.jx$ a resposta à subquestão $j$ relacionada à questão norteadora $i$ dada por um estudante $x$.

Quadro 2 – Questões norteadoras do primeiro encontro e subquestões associadas

| |
|---|
| **Questão Norteadora 1: A equação de Shockley explicita uma relação funcional? Caso sua resposta seja afirmativa, qual a variável dependente e qual a variável independente?** |
| **Subquestões relacionadas à questão norteadora 1** |
| **S1.1:** O que é/caracteriza uma relação funcional? |
| **S1. 2:** Qualquer relação entre duas variáveis é uma função? O que acontece com os elementos do domínio e os elementos da imagem em uma relação funcional? De que maneira eles estão relacionados? |
| **Questão Norteadora 2: A tensão térmica é função de alguma variável? Explique e, se sua resposta for afirmativa, construa a representação gráfica dessa função.** |
| **Subquestões relacionadas à questão norteadora 2** |
| **S2.1:** (Ao observar os estudantes inserindo, no GeoGebra, a função tensão térmica, um dos pesquisadores questiona) você trocou $T_K$, que, na expressão que fornece a tensão térmica, é dado por $T + 273$, sendo $T$ a temperatura em graus Celsius, apenas por $x$, mas então onde está considerada a questão de adicionar 273 com a temperatura em Celsius? Suponha que você quer achar a imagem, em um ponto específico do domínio, da função que você inseriu no campo de entrada do GeoGebra. Por exemplo, se a temperatura for 25 graus Celsius, que valor você irá atribuir para $x$? |
| **S2. 2:** Por que a função que representa a tensão térmica é crescente e representada por uma reta? |
| **S2. 3**: Ao ouvir um dos estudantes dizendo que para construir "*a representação gráfica da função tensão térmica basta traçar uma reta, acho que não importa a inclinação*", um dos pesquisadores questiona: nessa equação que representa a tensão térmica, qual o coeficiente angular? |
| **S2. 4**: Por que vocês não fizeram o gráfico no GeoGebra (questionando ao grupo que não utilizou essa ferramenta)? |
| **S2. 5**: Por que vocês estão dizendo que a reta que é a representação gráfica da tensão térmica sai da origem? |
| **S2. 6**: Por que a temperatura não pode ser negativa? Como não há temperatura zero? Não entendi! |
| **Questão Norteadora 3: Sabendo que o diodo 1N4148 opera entre $-65$℃ e $175$℃, determine a faixa de variação da tensão térmica desse diodo nesse intervalo.** |
| **Subquestões relacionadas à questão norteadora 3** |
| **S3.1**: Agora que vocês já responderam à questão 2, o que deveria ser feito para resolver a questão 3? |
| **S3.2**: Qual o limite inferior para a temperatura que está sendo considerado? |
| **S3.3**: Não é o valor de $x$ que você quer que seja $-65$? |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Com base nas respostas dadas pelos estudantes para as questões e subquestões apresentadas no Quadro 2, identificaram-se, entre outros, os seguintes aspectos:

- a habilidade para realizar pesquisas na literatura e usar bases de dados e outras fontes de informação (E2), essencial ao engenheiro, deve ser mais bem explorada (GRIMSON; MURPHY, 2015);
- ao transpor o conceito de função da Matemática para uma de suas áreas de aplicação, a Eletrônica Analógica, os estudantes enfrentaram dificuldades em trabalhar com a simbologia relacionada a esse objeto matemático, uma vez que há mais do que duas grandezas envolvidas na expressão algébrica que a representa, ao contrário do que ocorre na maioria das situações tratadas no Cálculo, nas quais há apenas duas grandezas representadas, majoritariamente, pelas letras $x$ e $y$;
- alguns estudantes parecem considerar a ordem das variáveis como irrelevante ao trabalhar com funções;
- há dificuldade em diferenciar variáveis dependentes e independentes e, inclusive, de distinguir estas últimas de constantes e de termo independente de uma expressão algébrica;
- há uma aparente dificuldade em discriminar a ação **obter $\boldsymbol{f(a)}$** da tarefa **encontrar os valores de x para os quais $\boldsymbol{f(x) = a}$**;
- há dificuldade ao analisar diferentes aspectos acerca de uma função a partir de sua representação gráfica.

Além disso, responder às questões e subquestões possibilitou que os estudantes mobilizassem diferentes competências matemáticas (NISS, 2003) e competências relativas aos estratos que compõem a base epistemológica da Engenharia (GRIMSON; MURPHY, 2015), como as elencadas a seguir:

- colocar em ação a competência **raciocinar matematicamente** (C4);
- avaliar criticamente as informações dadas (E2);
- acionar a competência de **manusear símbolos** (C6), que a análise dos dados revelou necessitar ser mais bem trabalhada;
- mobilizar a competência de **representar um ente matemático** (C5);
- acionar a competência de **pensar matematicamente** (C1);
- exercitar o trabalho com representações algébricas e gráficas de funções por meio de *softwares* e, dessa forma, mobilizar a competência **utilizar instrumentos** e ferramentas − incluindo as tecnológicas (C8).

Ao responder à questão norteadora 3, os estudantes puderam exercitar a habilidade de aplicar seus conhecimentos e compreensões para resolver problemas de Engenharia usando métodos estabelecidos (E2 e E3, na acepção de Grimson e Murphy [2015]). Além disso, foi necessário transpor (realizar uma transposição contextualizada, segundo Camarena [2004]) um procedimento da Matemática para o contexto da faixa de tensão térmica de um diodo (conjunto imagem), sendo dada a faixa de temperatura (conjunto domínio) em que o diodo opera. Por fim, puderam colocar em prática a habilidade de identificar, localizar e obter dados requeridos, avaliá-los criticamente e, com isso, elaborar conclusões (E2).

## APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS RELATIVOS AO SEGUNDO ENCONTRO

No segundo encontro, foram propostas quatro questões norteadoras, as quais são apresentadas no Quadro 3.

Quadro 3 – Questões norteadoras propostas no segundo encontro

| **Questões** |
|---|
| **Q4.** Considerando as informações presentes no *Datasheet* do diodo 1N4148, responda:<br>(i) Qual é a sua corrente de saturação reversa $(I_R)$ em 25°C a uma tensão de polarização reversa $(V_R)$ de $20\ V$?<br>(ii) Considerando que, conforme apresentado no *Datasheet*, para conduzir uma corrente direta $(I_F)$ de $10\ \mathrm{mA}$, 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 na questão 5, responda:<br>(i) O que acontece com os valores de $V_F$ à medida que os valores de $I_F$ crescem ilimitadamente? Como tal comportamento poderia ser explicado a partir da expressão algébrica de $I_F$?<br>(ii) O que acontece com os valores de $I_F$ à medida que os valores de $V_F$ decrescem ilimitadamente? Como tal comportamento poderia ser explicado a partir da expressão algébrica de $I_F$?<br>(iii) Na representação gráfica construída na questão 5, o primeiro quadrante representa a região de polarização direta do diodo. Você observa, nessa 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?<br>(iv) Qual é a corrente conduzida quando a tensão direta é de $0{,}86\ V$? Esse comportamento era esperado? Explique.<br>(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?<br>(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, a qual expressão algébrica você poderia aproximar a equação de Shockley na região de polarização direta do diodo? E na região de polarização reversa? |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

Nas análises, optou-se por direcionar a atenção somente às questões norteadoras e subquestões a elas atreladas. Tais questões proporcionaram discussões concernentes a conceitos matemáticos, uma vez que, ao longo desse encontro, pelo fato de as questões estarem ainda mais relacionadas ao contexto físico, em vários momentos, foram realizadas reflexões sobre aspectos da Eletrônica Analógica. Considera-se importante chamar a atenção para esse fato a fim de ratificar a relevância de os docentes da área de Matemática, ao optarem por esse tipo de abordagem, comprometerem-se a se autoformar, no sentido de pelo menos construir conhecimentos básicos acerca do contexto extramatemático a ser trabalhado.

A análise inicial, apresentada no Quadro 4, refere-se ao item (ii) da questão norteadora 4.

Quadro 4 – Análise da questão norteadora 4 (ii) e de suas subquestões, conforme tipologias de Boaler e Brodie (2004)

| **Questão Norteadora 4 (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 desse diodo.** | | |
|---|---|---|
| **Factual** | **Exige recuperação e raciocínio** | **Contempla aspectos das tipologias T2, T3, T5, T6 e T9** |
| **Objetivo**: A partir da interpretação do enunciado do problema, da informação obtida no item (i), que solicitava ao estudante determinar a corrente de saturação reversa ($I_R$) do diodo em 25°C a uma tensão de polarização reversa ($V_R$) de $20\ V$ e da substituição dos valores conhecidos de $I_F$, $I_R$, $V_F$ e $V_T$ na equação de Shockley, resolver uma equação exponencial e determinar o valor do fator de idealidade $n$. | | |
| **Subquestões e respostas dadas pelos estudantes** | | |
| **S4ii.1:** Então, qual é o $I_R$ na temperatura de 25° C? | | |
| **Factual** | **Exige recuperação** | **Contempla aspectos das tipologias T1 e T8** |
| (O pesquisador, ao não obter resposta à questão proposta, percebendo a dificuldade do estudante, orienta-o a analisar o item (i) da questão 4, reforçando, portanto, a tipologia T8).<br>**RS4ii.1a**: O $V_T$ que é a tensão térmica é 25°?<br>(O pesquisador responde que a tensão térmica depende dos $25°C$, como visto no primeiro encontro e, ao compreender o que era o $V_T$, o estudante volta a analisar a equação de Shockley e questiona o seguinte):<br>**RS4ii.1a:** Este $e$ é o...?<br>Uma pesquisadora responde que sim, que $e$ é a base do logaritmo neperiano, é uma constante, um número irracional. | | |
| **S4ii.2**: Como vocês estão pensando para determinar o $n$? Que tipo de operação matemática ou com que objeto matemático vocês precisarão trabalhar para obter o valor de $n$? | | |
| **Factual** | **Exige recuperação, metacognição e raciocínio** | **Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5 e T8** |
| **RS4ii.2b**: Usaremos logaritmo porque estamos resolvendo uma equação exponencial. | | |
| **S4ii.3**: Mas e se eu modificar o valor do $V_T$ ou do $I_R$? Você teria que fazer todos os cálculos de novo, começando do zero? Ninguém teve vontade de isolar o $n$ na equação de Shockley, sem substituir diretamente os dados? | | |
| **Factual** | **Exige raciocínio** | **Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5 e T7** |
| **RS4ii.3a**: Eu percebi que eu poderia ter feito isso quando eu estava no final da conta. | | |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As respostas RS4ii.1 dadas por um estudante, também na forma de questionamento, ao buscar estratégias para solucionar a questão norteadora 4(ii), revelam dificuldades relacionadas ao estrato (E1) da base epistemológica da Engenharia (GRIMSON; MURPHY, 2015) no que se refere a conhecimentos básicos de Matemática (ficou em dúvida se o número e presente na equação de Shockley seria, de fato, o mesmo e já estudado por ele) e de Física (identificou incorretamente uma medida de temperatura a uma medida de tensão). Tais entraves impactam em sua destreza em compreender quais grandezas estão envolvidas na equação de Shockley, quais delas têm suas magnitudes conhecidas e, consequentemente, qual a melhor maneira para determinar o que é desconhecido. O estudante parece não ter compreendido por que razão o item (i) da questão havia sido proposto (o objetivo era exatamente levá-lo a obter um dos elementos que deveria utilizar em [ii]).

É relevante destacar também que o procedimento adotado pelos estudantes, de substituir diretamente na equação de Shockley todos os valores conhecidos e realizar os cálculos para a obtenção do fator de idealidade, o que motivou o questionamento **S4ii.3** por parte de um pesquisador, revela uma não preocupação – possivelmente fruto de esse aspecto não ser devidamente valorizado pelos docentes durante as aulas – em, antes de efetuar cálculos, buscar estratégias mais econômicas que, por permitirem o estabelecimento de relações gerais entre variáveis conhecidas e desconhecidas, poderiam ser aplicadas mais diretamente em outras situações semelhantes àquela trabalhada; ou seja, procedimentos que os auxiliariam a obter o fator de idealidade de qualquer diodo a partir de quaisquer condições dadas.

Responder à questão norteadora apresentada no Quadro 4 e às suas subquestões possibilitou aos estudantes, no que se refere aos estratos constituintes da base epistemológica da Engenharia (GRIMSON; MURPHY, 2015): empregar conhecimentos físicos e matemáticos construídos antes do ingresso na universidade (E1); aplicar seus conhecimentos e compreensões para planejar a solução de um problema envolvendo outras áreas, com o qual ainda não haviam se deparado; identificar, localizar e obter dados requeridos (E2); integrar conhecimentos de diferentes áreas (no caso, a Matemática, a Física e a Eletrônica Analógica) e níveis de complexidade (E2); e aplicar, de maneira apropriada, métodos para analisar e resolver problemas de Engenharia (no caso, determinar o fator de idealidade de um diodo semicondutor) (E3).

Em relação às competências matemáticas (NISS, 2003), responder à questão norteadora permitiu aos estudantes pensar e raciocinar matematicamente (C1 e C4), resolver um problema matemático (no caso, uma equação exponencial) (C2), analisar um modelo matemático (a equação de Shockley e como ela permite obter o fator de idealidade de um diodo) (C3), manusear símbolos matemáticos (C6) e utilizar ferramentas tecnológicas (os estudantes recorreram ao Excel e ao GeoGebra) (C8).

Apresenta-se, então, no Quadro 5, a análise da questão norteadora 5.



R. Bras. Ens. Ci. Tecnol., Ponta Grossa, Edição Especial, p. 1-28, dez. 2022.

Quadro 5 – Análise da questão norteadora 5 e de suas subquestões, conforme tipologias de Boaler e Brodie (2004)

<table>
<tr><th colspan="3">Questão Norteadora 5: Considerando o diodo 1N4148, construa uma representação gráfica para $I_F$ em função de $V_F$ a uma temperatura de $25°C$.</th></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige recuperação e raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T9</td></tr>
<tr><td colspan="3">Objetivo: Oportunizar que os estudantes realizassem a transposição contextualizada da ideia de representação gráfica de uma função, da Matemática para a Eletrônica Analógica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Subquestões e respostas dadas pelos estudantes</td></tr>
<tr><td colspan="3">Os pesquisadores, observando que um dos estudantes constrói a representação gráfica da função dada algebricamente por $f(x) = e^x$ e afirma ter respondido à questão 5, questionam:<br><br>S5.1: Mas por que você concluiu que a representação gráfica de $I_F$ em função de $V_F$, considerando uma temperatura de $25°C$, coincide com a representação gráfica de $f(x) = e^x$? Por que, para você, a função que traduz a relação entre $I_F$ e $V_F$ é apenas $e^x$?</td></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige metacognição e raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T3, T4, T5 e T8</td></tr>
<tr><td colspan="3">RS5.1a: A escala eu sei que não está certa.<br>RS5.1b: O que pode mudar (isto é, o que é variável, na visão do estudante) é isto aqui (e aponta para o expoente do número $e$ na equação de Shockley, ou seja, $\frac{V_F}{nV_T}$).</td></tr>
<tr><td colspan="3">S5.2: Avalie a equação de Shockley e compare-a com a função $f$, cuja expressão algébrica é $f(x) = e^x$.</td></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige recuperação, metacognição e raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T1, T3, T4, T5, T6 e T8</td></tr>
<tr><td colspan="3">RS5.1b: Ah, não é a própria $f(x) = e^x$. A função (representada algebricamente pela equação de Shockley) sofreu algumas transformações (em relação a $f(x) = e^x$) para dar origem a $I_F = I_R\left(e^{\frac{V_F}{nV_T}} - 1\right)$.</td></tr>
</table>

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As respostas dos estudantes e os questionamentos a eles apresentados, advindos dessas respostas, estão explicitados no Quadro 5. Ao identificar a função cuja representação algébrica é dada pela equação de Shockley com a função exponencial dada por $f(x) = e^x$ e confirmar essa identificação, destacando aos pesquisadores que a escala não estava correta e que o único elemento que variava na mencionada equação era o expoente, na visão dos pesquisadores, os sujeitos revelaram uma dificuldade associada à percepção equivocada de que o gráfico de uma função é um modelo geométrico de uma relação funcional, não necessitando ser fiel a ela. Essa dificuldade, por sua vez, está vinculada a entraves enfrentados no trabalho com as diferentes representações de uma função (nesse caso, a algébrica e a gráfica), ao conhecimento fragmentado em relação ao objeto matemático função e à inabilidade em percebê-lo como abstrato e de alto nível.

No que se refere às competências vinculadas aos estratos da base epistemológica da Engenharia (GRIMSON; MURPHY, 2015), em um primeiro momento, os estudantes revelaram fragilidades acerca da noção de função exponencial (E1), não levando em conta que nem sempre trabalharão com a função mais elementar ($f(x) = e^x$), sendo necessário reconhecer as possíveis transformações que ela pode sofrer, dando origem a outras funções, como a representada algebricamente por $I_F = I_R\left(e^{\frac{V_F}{nV_T}} - 1\right)$. No entanto, em um momento posterior, a partir das mediações dos pesquisadores, reconheceram tais transformações. A análise realizada evidencia também a necessidade de potencializar o trabalho, em sala de aula, por meio de situações que requeiram avaliação crítica do que é dado para que seja possível, a partir disso, elaborar conclusões (E2).

Em termos de competências matemáticas (NISS, 2003), a questão e as subquestões apresentadas no Quadro 5 oportunizaram: pensar e raciocinar matematicamente (C1 e C4); resolver um problema matemático (construir a representação gráfica de uma função) (C2); analisar um modelo matemático (traduzido pela equação de Shockley) (C3); representar entidades matemáticas (no caso, representar graficamente a relação entre a tensão de polarização direta e a corrente de polarização direta em um diodo semicondutor) (C5); comunicar-se em Matemática (por meio do esboço do gráfico solicitado) (C7); utilizar ferramentas tecnológicas (no caso, o GeoGebra, para construir o gráfico) (C8).

Quadro 6 – Análise da questão norteadora 6i e de suas subquestões, conforme tipologias de Boaler e Brodie (2004)

<table>
<tr><th colspan="3">Questão Norteadora 6i: O que acontece com os valores de $V_F$ à medida que os valores de $I_F$ crescem ilimitadamente? Como tal comportamento poderia ser explicado a partir da expressão algébrica de $I_F$?</th></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige recuperação, metacognição e raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T8</td></tr>
<tr><td colspan="3">Objetivo: Analisar o comportamento de uma função, dada algebricamente pela equação de Shockley, a partir da observação de suas representações gráfica e algébrica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Subquestões e respostas dadas pelos estudantes</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ao ouvir de um dos estudantes, como resposta à questão 6i, tende ao infinito, um dos pesquisadores questiona:<br>S6i.1: Quem tende ao infinito?</td></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T8</td></tr>
<tr><td colspan="3">RS6i.1b: O valor de $V_F$ que está no eixo $y$ ... porque o $V_F$ está no expoente.<br>Ao ouvir a resposta do estudante, um dos pesquisadores afirma: Mas o $V_F$ está no eixo $x$ . Então, surpreso, o estudante responde: Ah, é?</td></tr>
<tr><td colspan="3">S6i.2: O que acontece com as variações entre os valores de $V_F$ quando os valores de $I_F$ crescem muito rapidamente?</td></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige recuperação, metacognição e raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T8</td></tr>
<tr><td colspan="3">RS6i.2a: À medida que $I_F$ cresce ilimitadamente, as variações nos valores de $V_F$ são cada vez menores.</td></tr>
<tr><td colspan="3">S6i.3: Como esse comportamento que vocês perceberam pode ser deduzido da expressão algébrica da função? Se não tivéssemos a representação gráfica da função, poderíamos entender o comportamento da função a partir da expressão algébrica?</td></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige recuperação, metacognição e raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T8</td></tr>
<tr><td colspan="3">RS6i.3b: Acho que sim, por causa do logaritmo, porque quando o expoente cresce muito rápido, a exponencial cresce muito rápido.</td></tr>
</table>

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A resposta **RS6i.1b** indica uma possível dificuldade do estudante em identificar, a partir da articulação das representações algébrica e gráfica da função dada pela equação de Shockley, qual é a variável dependente e qual é a independente e, consequentemente, os valores de quais grandezas estão sendo indicados em cada um dos eixos coordenados. Essa percepção é reforçada pela surpresa demonstrada pelo estudante à resposta dada por um dos pesquisadores de que os valores de $V_F$ estão indicados no eixo das abscissas. Essa mesma resposta explicita uma ideia cristalizada por parte do estudante e, muitas vezes, reforçada pela linguagem empregada, de forma mais coloquial, pelos professores em suas aulas, de que o eixo das ordenadas é sempre representado por $y$ e que, portanto, os termos eixo das ordenadas e eixo $y$ são, em qualquer situação, praticamente sinônimos, revelando um aspecto que pode se constituir como um entrave para a efetivação da transposição contextualizada (CAMARENA, 2004), da Matemática para um contexto de aplicação (Eletrônica Analógica), do conceito de função e de sua representação gráfica.

Por sua vez, a resposta **RS6i.3b** revela uma aparente equivalência, para o estudante, entre as funções exponencial e logarítmica. Embora estas sejam abordadas normalmente ao mesmo tempo em sala de aula, definindo-se uma delas a partir da outra, são dois objetos matemáticos distintos. No caso apresentado no Quadro 6, não há, na expressão com a qual os estudantes estavam trabalhando, nenhuma menção explícita ao logaritmo. Portanto, a justificativa a ser dada, nesse caso, também não está relacionada a essa função, mas à exponencial.

Quadro 7 – Análise da questão norteadora 6ii e de suas subquestões, conforme tipologias de Boaler e Brodie (2004)

<table>
<tr><td colspan="3">Questão Norteadora 6ii: O que acontece com os valores de $I_F$ à medida que os valores de $V_F$ decrescem ilimitadamente? Como tal comportamento poderia ser explicado a partir da expressão algébrica de $I_F$?</td></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige recuperação, metacognição e raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T8</td></tr>
<tr><td colspan="3">Objetivo: Analisar o comportamento de uma função, dada algebricamente pela equação de Shockley, a partir da observação de suas representações gráfica e algébrica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Subquestões e respostas dadas pelos estudantes</td></tr>
<tr><td colspan="3">Ao ouvir de um dos estudantes, como resposta à questão 6ii, que à medida que os valores de $V_F$ decrescem ilimitadamente, os valores de $I_F$ tendem a zero, mas não chegam a zero, e de outra estudante que isso realmente ocorre e que há uma assíntota horizontal $(y = 0)$, o pesquisador questiona:<br>S6ii.1: Mas por que $I_F$ nunca será zero? Analisem a expressão algébrica da equação de Shockley. Qual o valor de $I_F$ quando $V_F$ for igual a zero?</td></tr>
<tr><td>Factual</td><td>Exige recuperação e raciocínio</td><td>Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5, T6 e T8</td></tr>
<tr><td colspan="3">RS6ii.1c: Ah, quando $V_F$ for igual a zero, então $I_F$ será zero também (o estudante responde espantado).</td></tr>
<tr><td colspan="3">Então, os estudantes passam a analisar com mais cuidado a escala com que a representação gráfica da função representada algebricamente pela equação de Shockley estava sendo apresentada no GeoGebra. Ao perceber essa preocupação, um dos pesquisadores questiona:<br>S6ii.2: Analisem o gráfico e verifiquem: na região de polarização reversa, a representação gráfica da função descrita pela equação de Shockley é de fato a reta horizontal $y = 0$?</td></tr>
</table>

| | | |
|---|---|---|
| **Factual** | **Exige recuperação e raciocínio** | **Contempla aspectos das tipologias T1, T3, T4, T5, T6 e T8** |
| **RS6ii.2a**: Não, é um pouquinho mais abaixo. | | |
| **S6ii.3**: Um pouco abaixo, quanto? Como vocês podem saber isso analisando o *Datasheet*? | | |
| **Factual** | **Exige recuperação, metacognição e raciocínio** | **Contempla aspectos das tipologias T1, T3, T4, T5, T6, T8 e T9** |
| Após ajustar a escala com que o gráfico estava sendo visualizado, um dos estudantes responde: **RS6ii.3b**: À medida que os valores de $V_F$ decrescem, a representação gráfica vai se aproximar de uma reta horizontal, a assíntota horizontal $I_R$. | | |
| **S6ii.4**: Qual é o comportamento do termo exponencial da equação de Shockley quando os valores de $V_F$ decrescem ilimitadamente? | | |
| **Factual** | **Exige recuperação e raciocínio** | **Contempla aspectos das tipologias T1, T3, T4, T5, T6, e T8** |
| **RS6ii.4c**: Os expoentes de $e$, a saber, $\frac{V_F}{nV_T}$, vão ficando negativos e então teremos $\frac{1}{e}$ elevado ao expoente com sinal positivo e, portanto, o termo exponencial da equação de Shockley, que é $I_F = I_R\left(e^{\frac{V_F}{nV_T}} - 1\right)$, se aproxima de zero. Assim, o $I_F$ vai se tornar igual a $-I_R$. | | |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

As respostas dos estudantes aos questionamentos dos pesquisadores, apresentadas no Quadro 7, reforçam o comentário anterior de que o eixo das ordenadas é considerado como sinônimo do eixo $y$. Aliás, os próprios pesquisadores, no intuito de auxiliar os estudantes a perceberem o comportamento da variável dependente à medida que os valores da variável independente decrescem ilimitadamente na situação considerada, lançaram mão de um abuso de linguagem – que, ressalte-se, deve ser feito com cuidado para evitar que entraves já existentes sejam potencializados – em referência ao eixo $I_F$ como eixo $y$ (ver **S6ii.2**). Os dados apresentados no Quadro 7 evidenciam, ainda, que os estudantes parecem não articular espontaneamente as representações gráfica e algébrica de uma função. A escala com que a representação gráfica estava sendo exibida no *software* que optaram por utilizar (GeoGebra) não era adequada para visualizar o comportamento da função para valores de $V_F$ menores ou iguais a zero, dessa forma, se não percebessem esse problema e não considerassem a expressão algébrica da função articulada ao seu gráfico, concluiriam que os valores de $I_F$ nunca seriam nulos ou negativos. Foi exatamente o que aconteceu.

Quadro 8 – Análise da questão norteadora 6iv e de suas subquestões, conforme tipologias de Boaler e Brodie (2004)

| **Questão Norteadora 6iv: Qual é a corrente conduzida quando a tensão direta é de $0,86\ V$? Esse comportamento era esperado? Explique.** | | |
|---|---|---|
| **Factual** | **Exige recuperação, metacognição e raciocínio** | **Contempla aspectos das tipologias T1, T3, T4, T5, T6, T8 e T9** |
| **Objetivo**: Determinar, no contexto do estudo de um diodo, a imagem de uma função para determinado elemento do domínio. | | |
| **Subquestões e respostas dadas pelos estudantes** | | |
| Após um estudante, responder a um questionamento, recorrendo a uma análise gráfica em que localizou o ponto de abscissa 0,86, na curva que é a representação gráfica da função, e obter a ordenada desse ponto, um dos pesquisadores questiona:<br>**S6iv.4:** Você poderia obter isso de outro modo, trabalhando com a expressão algébrica da função e pensando no conceito de imagem? | | |
| **Factual** | **Exige recuperação e raciocínio** | **Contempla aspectos das tipologias T1, T2, T3, T4, T5, T6, T8 e T9** |
| **RS6iv.1b**: (O estudante responde com outra questão) Obter este 0,86?<br>**RS6iv.2a:** Não, o 0,86 já temos. Temos que colocar o 0,86 no $V_F$. | | |

Fonte: Elaborado pelos autores (2022).

A resposta **RS6iv.1b** sinaliza, novamente, a dificuldade dos estudantes em diferenciar os valores dados daqueles que devem ser determinados e, especificamente, os valores assumidos pela variável dependente de uma função daqueles assumidos pela variável independente.

Os dados presentes nos Quadros 6, 7 e 8 permitem depreender que as respostas aos itens analisados da questão norteadora 6 e às subquestões a eles vinculadas salientam algumas dificuldades relativas a aspectos matemáticos que deveriam ter sido construídos antes do ingresso na universidade (E1, na visão de Grimson e Murphy [2015]). Em especial, articular as diferentes representações de uma função, diferenciar a variável dependente da independente, distinguir funções que, embora vinculadas e ensinadas na maioria das vezes conjuntamente, são distintas, como é o caso da exponencial e da logarítmica. Essas dificuldades sinalizam a necessidade de potencializar o desenvolvimento das competências (C5), representar entidades matemáticas e (C7) comunicar em, com e sobre a Matemática (NISS, 2003).

Ainda em relação a aspectos relativos à base epistemológica da Engenharia (GRIMSON; MURPHY, 2015), a ação de responder à questão norteadora 6, em seus diferentes itens, e aos questionamentos deles decorrentes incentivou a explicitação do contexto multidisciplinar da Engenharia e a mobilização – e, em alguns casos, a construção – de elementos relacionados aos resultados esperados, em termos de aprendizagem, de um estudante de Engenharia (E2): os princípios científicos e matemáticos relevantes para a Engenharia de Controle e Automação e habilitações afins, bem como conceitos-chave dessas áreas; a habilidade em resolver problemas com os quais ainda não haviam se deparado; as habilidades de identificar, coletar e analisar criticamente dados; e a habilidade de integrar conhecimentos de diferentes áreas e níveis de complexidade. Além disso, os sujeitos da pesquisa puderam desenvolver, ainda que de modo inicial, competências requeridas do profissional da Engenharia (E3): a aplicação apropriada de métodos para analisar e resolver problemas de Engenharia e a utilização efetiva de habilidades interpessoais e de comunicação.

Em termos de competências matemáticas (NISS, 2003), o trabalho com as questões e subquestões mencionadas nos Quadros 6, 7 e 8 possibilitou a mobilização e o contínuo processo de desenvolvimento das oito competências anteriormente mencionadas.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste artigo, a partir da análise de dois de três encontros realizados no intuito de oportunizar aos sujeitos da pesquisa que resolvessem um problema, no qual conhecimentos matemáticos relacionados às funções reais de uma variável real precisavam ser mobilizados em um contexto da Eletrônica Analógica, especificamente o do estudo da curva características de um diodo semicondutor, buscou-se responder à seguinte questão: que elementos as comunicações entre os atores participantes da resolução de um problema matemático contextualizado na Engenharia revelam em relação aos conhecimentos dos alunos, suas habilidades em transpô-los da Matemática para uma situação da Engenharia, os entraves enfrentados nessa transposição e as competências matemáticas mobilizadas pelos sujeitos?

Para as análises, considerou-se como foco os tipos de questões (BOALER; BRODIE, 2004) propostas pelos autores deste artigo, tanto as pré-elaboradas como as que surgiram naturalmente no decorrer dos dois encontros, seus objetivos e compreensões, depreendidas das respostas dos estudantes, em relação às suas habilidades de realizar a transposição contextualizada (CAMARENA, 2004) das noções matemáticas em foco, de suas competências matemáticas (NISS, 2003) e gerais (GRIMSON; MURPHY, 2015), dos obstáculos epistemológicos e das dificuldades cognitivas com que se depararam (LIMA; BIANCHINI; GOMES, 2021).

As questões norteadoras e as subquestões delas advindas, propostas pelos pesquisadores ao longo das atividades, possibilitaram, em diferentes momentos, colocar em ação as oito competências matemáticas sinalizadas por Niss (2003). A análise dos dados revela que aquelas relacionadas a (i) manusear símbolos, (ii) representar entidades matemáticas e (iii) comunicar-se em, com e sobre a Matemática precisariam ser mais bem desenvolvidas pelos sujeitos, portanto, os docentes necessitariam direcionar suas ações para potencializá-las.

Em relação às competências gerais que constituem a base epistemológica da Engenharia (GRIMSON; MURPHY, 2015), os dados sinalizam dificuldades relacionadas a conhecimentos básicos de Matemática e de Física com os quais os sujeitos já se depararam antes de ingressar na universidade. Indicam também que a habilidade para realizar pesquisas na literatura e usar bases de dados e outras fontes de informação, capital para o engenheiro, deve ser mais bem explorada. Evidenciam, ademais, a necessidade de potencializar o trabalho, em sala de aula, com situações que requerem avaliação crítica do que é dado para que, a partir disso, os estudantes possam elaborar conclusões.

As respostas dadas pelos estudantes apontam algumas dificuldades cognitivas relacionadas à noção de função, as quais são amplamente discutidas em pesquisas da área, como salientam Lima, Bianchini e Gomes (2021). Nota-se, em alguns momentos, dificuldades em: (i) identificar o par ordenado composto por um elemento do domínio e sua respectiva imagem para funções dadas na forma algébrica em situações nas quais é fornecido o valor da imagem e busca-se o correspondente valor da pré-imagem (ou imagem inversa); (ii) trabalhar com as diferentes representações de uma função de maneira articulada, particularmente estabelecendo diálogos entre suas representações algébrica e gráfica, bem como analisar diferentes aspectos relacionados a uma função a partir de seu gráfico; (iii) operar com a simbologia relacionada ao conceito de função, especialmente no que se refere a discriminar a ação de obter $f(a)$ da tarefa de encontrar os valores de $x$ para os quais $f(x) = a$; (iv) diferenciar a variável dependente da variável independente e, inclusive, distinguir estas últimas de constantes e do termo independente de uma expressão algébrica; (v) perceber as funções como objetos abstratos de alto nível em razão de não ter uma visão global deles; e (vi) distinguir funções que, embora vinculadas e ensinadas na maioria das vezes conjuntamente, são objetos matemáticos distintos (como, por exemplo, as funções exponencial e logarítmica).

Em termos dos obstáculos epistemológicos relacionados à noção de função, as análises realizadas chamam a atenção para dois deles, os quais são identificados por Sierpinska (1992), a saber: (i) a ordem das variáveis considerada como irrelevante e (ii) o gráfico de uma função é um modelo geométrico de uma relação funcional, não precisa ser fiel, pode conter pontos $(x, y)$ tais que a função não seja definida em $x$.

Em relação à transposição contextualizada de saberes matemáticos para seus campos de aplicação, conforme postula Camarena (2004), destaca-se que, ao transpor o conceito de função da Matemática para uma de suas áreas de aplicação, a Eletrônica Analógica, as já mencionadas dificuldades enfrentadas pelos sujeitos em trabalhar com a simbologia relacionada a esse objeto decorrem do fato de haver mais de duas grandezas envolvidas na expressão algébrica com a qual se estava operando (a equação Shockley), ao contrário do que ocorre na maioria das situações tratadas em Cálculo, nas quais há apenas duas grandezas que, na maioria das vezes, são representadas, independentemente do contexto, pelas letras $x$ e $y$. Essa prática tem, como uma de suas consequências, a formação, por parte do estudante, de uma ideia solidificada de que o eixo das ordenadas é sempre representado por $y$, o que pode se constituir como um entrave para a representação gráfica de uma relação funcional em um contexto de aplicação.

O trabalho com eventos contextualizados como o discutido neste artigo, ao estimular a reflexão dos estudantes e o diálogo entre eles e seus colegas e com os professores, viabiliza discussões acerca de pontos nevrálgicos relacionados ao objeto matemático em foco ou a noções a ele associadas. Menciona-se, por exemplo, um questionamento feito por um dos sujeitos a respeito de uma questão bastante sensível do ponto de vista matemático, mas muitas vezes não tratada com a devida importância e cuidado nas aulas de Cálculo: se, quando os valores de uma função tendem ao infinito, pode-se afirmar ou não que essa função tem limite. No encontro em que esta discussão se manifestou, os pesquisadores explicaram que, de fato, trata-se de uma situação complicada, porque ao mesmo tempo em que se afirma que para o limite de uma função existir ele precisa ser um número real, afirma-se também, em situações como a questionada, que é infinito. Em outras palavras, sabe-se qual é o comportamento da função, que pode ser descrito como um comportamento ilimitado, mas afirmar que o limite é infinito consiste, na realidade, em um abuso de linguagem.

Finaliza-se este artigo com algumas percepções dos estudantes acerca da atividade realizada, as quais evidenciam que, embora o trabalho com eventos contextualizados exija empenho e dedicação tanto de docentes quanto de discentes, por seu caráter desafiador e por requerer a superação constante de barreiras de diferentes naturezas, é valorizado pelos que dele participam, que reconhecem, entre outras potencialidades: (i) a oportunidade de vivenciar "uma abordagem diferente do uso e ensino da Matemática relacionada a outras matérias da Engenharia em geral, que dá uma outra dimensão aos conceitos físicos e matemáticos que nós aprendemos regularmente nos cursos"; (ii) "ampliar a visão quanto à necessidade de exercitar mais a aplicação da Matemática na resolução de problemas reais" e (iii) "enxergar além da teoria". Deixa-se, portanto, o convite para que outros pesquisadores se dediquem à elaboração, implementação e análise de eventos contextualizados para o ensino da Matemática em cursos de Engenharia.

# A CONTEXTUALIZED APPROACH TO MATHEMATICS IN ENGINEERING: THE POTENTIALITIES OF EFFECTIVE TEACHER QUESTIONING

**ABSTRACT**

This article aims to present the results of two out of the three remote meetings of an intervention in which notions related to the real functions of a real variable were addressed through a problem in the context of the study of the characteristic curve of a semiconductor diode, created and implemented according to the theoretical and methodological framework of the theory of Mathematics in the Context of Sciences. Data were constituted by audio and video recording of the meetings. Seven first-term students majoring in control and automation engineering voluntarily participated in the research. The investigation focused on the communication established between the researchers and their research participants about the types of questions asked by the researchers, the answers given by the students and to what such communication brought to light. Attention was paid to aspects related to the transposition of mathematical knowledge into a field of application and the mobilization of mathematical and general competencies that constitute the epistemological basis of engineering. The results suggest that the competencies of handling symbols, representing mathematical entities, and communicating in, with and about mathematics are to be better developed by the participants. Regarding the general competencies that constitute the epistemological basis of engineering, the data showed that the ability to conduct research in the literature, use databases and other sources of information, as well as work with situations which requires critical assessment in order to draw conclusions should be better explored. The most noticeable cognitive difficulty related to the mathematical object function was working with the different representations of a function in an articulated manner. In terms of epistemological obstacles, we point to the belief held by students that the order of variables in a function is irrelevant. In relation to the transposition of mathematical knowledge to their fields of application, students demonstrated to face difficulties in working with the symbology related to functions, which may result, among other causes, from the fact that there are more than two magnitudes involved in the algebraic expression of functions. Finally, the research participants evaluate that experiencing the process of solving that problem provided them with the opportunity to expand their views on the need to exercise the application of mathematics in solving real problems and to better understand mathematics and physics concepts.

**KEYWORDS:** Contextualized Event. Functions. Diode. Teacher Questioning. Competencies.

## NOTAS

1. Este artigo é uma ampliação do texto apresentado no VIII SIPEM e publicado nos anais do referido evento, que ocorreu em novembro de 2021 e que será citado neste artigo por Gomes, Bianchini e Lima (2021).

## REFERÊNCIAS

BERNHARD, J. Engineering education research as engineering research. *In*: CHRISTENSEN, S. H. *et al.* (ed.) **International Perspectives on Engineering Education**: Engineering Education and Practice in Context, v. 1. Cham: Springer, 2015. p. 393-414. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16169-3_19. Acesso em: 10 jun. 2022.

BOALER, J.; BRODIE, K. The importance, nature and impact of teacher questions. *In*: MCDOUGALL, D.E.; ROSS, J. A. (ed.) **Proceedings of the twenty-sixth annual meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education**. Toronto: OISE/UT, 2004. p. 774-782. Disponível em: https://docdrop.org/download_annotation_doc/Boaler-Brodie-Questioning-cp9i8.pdf. Acesso em: 15 mai. 2022.

BOTELHO, M.; ROCHA, H. Aspetos da comunicação Matemática na resolução de problemas. *In*: CANAVARRO, A. P.; SANTOS, L.; NUNES, C. C.; JACINTO, H. (org.) **Atas do XXVI Seminário de Investigação em Educação Matemática**. Lisboa: Associação de Professores de Matemática, 2015. p. 218-233. Disponível em: https://ria.ua.pt/bitstream/10773/18627/1/_XXVISIEM_Atas_final_557896db33040.pdf. Acesso em: 15 mai. 2022.

BOYLESTAD. R. L., NASHELSKY, L. **Dispositivos eletrônicos e teoria dos circuitos**. São Paulo: Pearson, 2013.

BROUSSEAU, G. Les obstacles épistémologiques et les problèmes en mathématiques. **Recherches en didactique des mathématiques**, Grenoble, v. 4, n. 2, p. 165-198, 1983. Disponível em: https://revue-rdm.com/1983/les-obstacles-epistemologiques-et/. Acesso em: 12 mai. 2022.

BUCH, A.; BUCCIARELLI, L. L. Getting Context Back in Engineering Education. *In*: CHRISTENSEN, S. H. *et al.* (ed.) **International Perspectives on Engineering Education**: Engineering Education and Practice in Context, v. 1. Cham: Springer, 2015. p. 495-512. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16169-3_24. Acesso em: 10 jun. 2022.

CAMARENA, P. Didáctica de la matemática en contexto. **Educação Matemática Pesquisa**, São Paulo, v. 19, n. 2, p. 01-26. 2017. Disponível em: https://revistas.pucsp.br/emp/article/view/33804. Acesso em: 22 fev. 2022.

CAMARENA, P. Teoría de las ciencias en contexto y su relación con las competencias. **Ingenium**, Bogotá, v. 16, n. 31, p. 108-127, 2015. Disponível em: http://www.revistas.usb.edu.co/index.php/Ingenium/issue/view/128. Acesso em: 4 abr. 2022.

CAMARENA, P. A treinta años de la teoría educativa "Matemática en el contexto de las ciencias". **Revista Innovación Educativa**, Ciudad de México, v. 13, n. 62, p.17-44, 2013. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1665-26732013000200003. Acesso em: 10 jun. 2022.

CAMARENA, P. Constructos teóricos de la metodología dipcing en el área de la Matemática. *In*: CONGRESO INTERNACIONAL DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA Y DE SISTEMAS, 3., 2004, Ciudad de México. **Memorias** [...]. Ciudad de México, México: IPN - ESIME – SEPI, 2004. p. 1-7.

CAMARENA, P.; GONZÁLEZ, L. G. Contextualización de las series en ingeniería. Científica: **The Mexican Journal of Electromechanical Engineering**, Zacatenco, v. 5, n. 4, p. 201-206, 2001.

CHRISTENSEN, S. H. *et al.* (ed.). **International perspectives on engineering education**: Engineering education and practice in context, v. 1. Cham: Springer, 2015. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-16169-3. Acesso em: 15 fev. 2022.

CHRISTENSEN, S. H.; MEJLGAARD, N. Introduction. *In*: CHRISTENSEN, S. H. *et al*. (ed.). **International Perspectives on Engineering Education**: Engineering Education and Practice in Context, v. 1. Cham: Springer, 2015. p. 218-224. Disponível em: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-16169-3. Acesso em: 15 fev. 2022.

DIAZ, Z. *et al.* Why Did I Ask That Question? Bilingual/ESL Pre-Service Teachers' Insights. **International Journal of Instruction, Malatya**, v. 6, n. 2, p. 163-176, 2013. Disponível em: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1085378.pdf. Acesso em: 10 mar. 2022.

FAZIO, L. K. Retrieval practice opportunities in middle school mathematics teachers' oral questions. **British Journal of Educational Psychology**, Hoboken, v. 89, n. 4, p. 653-669, 2019. Disponível em: https://bpspsychub.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/bjep.12250. Acesso em: 8 mar. 2022.

GOMES, E.; BIANCHINI, B.L.; LIMA, G. L. As potencialidades das perguntas dos professores em uma abordagem contextualizada da Matemática na Engenharia.

*In:* SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 8., 2021, Uberlândia. **Anais** [...]. Uberlândia, Minas Gerais: Universidade Federal de Uberlândia, 2021. p. 699-717. Disponível em: http://www.sbembrasil.org.br/files/sipemviii.pdf. Acesso em: 3 fev. 2022.

GRIMSON, W.; MURPHY, M. The Epistemological Basis of Engineering, and Its Reflection in the Modern Engineering Curriculum. *In*: CHRISTENSEN, S. H. *et al*. (ed.) **Engineering Identities, Epistemologies and Values**: Engineering Education and Practice in Context, v. 2. Cham: Springer, 2015. p. 161-178. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16172-3_9. Acesso em: 2 mar. 2022.

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. *In*: ENCUENTRO NACIONAL Y XIV INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN MATEMÁTICA EN CARRERAS DE INGENIERÍA, 22., 2021, Montevideo. **Libro de Actas** [...]. Montevideo, Uruguay: Universidad Católica del Uruguay, 2021. p. 178-189. Disponível em: https://liberi.ucu.edu.uy/xmlui/handle/10895/1599. Acesso em: 3 abr. 2022.

MACHADO, B. E. C. *et al*. A formulação de perguntas para a promoção da comunicação nas aulas de matemática. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 56521-56534, 2020. Disponível em: https://brazilianjournals.com/ojs/index.php/BRJD/article/view/14746. Acesso em: 2 mar. 2022.

MACHADO, B.; LACERDA, A. G. A comunicação matemática em uma tarefa exploratória-investigativa: uma proposta mediante a taxa de metabolismo basal. **Revista de Ensino de Ciência e de Matemática (REnCiMa)**, São Paulo, v. 11, n. 4, p. 1-21, 2020. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/A-COMUNICA%C3%87%C3%83O-MATEM%C3%81TICA-EM-UMA-TAREFA-UMA-PROPOSTA-Machado-Lacerda/3259c92f7e367aba232ef99810e47712a361cd96. Acesso em: 18 mar. 2022.

MARLIANI, L.; WALUYA, S. B.; CAHYONO, E. Mathematics Communication Skill of Students on Project Blended Learning (PB2L) with Moodle. **Unnes Journal of Mathematics Education Research**, Semarang, v. 10, n. A, p. 83-89, 2021. Disponível em: https://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ujmer/article/view/34891. Acesso em: 18 mar. 2022.

NATHAN, M. J.; KIM, S. Regulation of teacher elicitations in the mathematics classroom. **Cognition and Instruction**, Philadelphia, v. 27, n. 2, p. 91-120, 2009. Disponível em:

https://website.education.wisc.edu/mnathan/Publications_files/2009_Nathan%26Kim_C%26I_TeacherRegulation.pdf. Acesso em: 8 mar. 2022.

NISS, M. Mathematical Competencies and the Learning of Mathematics: The Danish KOM project. *In*: GAGATSIS, A.; PAPASTRAVIDIS, S. (ed.) 3º **Mediterranean Conference on Mathematics Education 2003**. Atenas: Hellenic Mathematical Society and Cyprus Mathematical Society, 2003. p.115-124. Disponível em: http://www.math.chalmers.se/Math/Grundutb/CTH/mve375/1213/docs/KOMkompetenser.pdf. Acesso em: 5 mar. 2022.

SAHIN, A.; KULM, G. Sixth grade mathematics teachers' intentions and use of probing, guiding, and factual questions. **Journal of Mathematics Teacher Education**, Cham, v. 11, n. 3, p. 221-241, 2008. Disponível em: https://www.academia.edu/8256915/Sixth_grade_mathematics_teachers_intentions_and_use_of_probing_guiding_and_factual_questions. Acesso em: 2 fev. 2022.

SIERPINSKA, A. On understanding the notion of function. *In*: DUBINSKY, E.; HAREL, G. (ed.) **The concept of function - aspects of epistemology and pedagogy**. Washington, D.C.: Mathematical Association of America, 1992. p. 25-58. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/238287243_On_understanding_the_notion_of_function#fullTextFileContent. Acesso em: 5 fev. 2022.

TIENKEN, C. H.; GOLDBERG, S.; DIROCCO, D. Questioning the questions. **Kappa Delta Pi Record**, Philadelphia v. 46, n. 1, p. 39-43, 2009. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00228958.2009.10516690. Acesso em: 5 fev. 2022.

VISEU, F.; OLIVEIRA, I. B. Open-ended tasks in the promotion of classroom communication in mathematics. **International Electronic Journal of Elementary Education**, Kutahya, v. 4, n. 2, p. 287-300, 2012. Disponível em: https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1070478.pdf. Acesso em: 10 fev. 2022.

YENMEZ, A. *et al*. Mathematics teachers' knowledge and skills about questioning in the context of modeling activities. **Teacher Development**, Philadelphia, v. 22, n. 4, p. 497-518, 2018. Disponível em: https://open.metu.edu.tr/handle/11511/34349. Acesso em: 10 mar. 2022.

**Recebido:** 17 jun. 2022.
**Aprovado:** 14 nov. 2022.
**DOI:** 10.3895/rbect.v15n3.15615
**Como citar:** BIANCHINI, B. L.; GOMES, E.; LIMA, G. L. Uma abordagem contextualizada da matemática na engenharia: as potencialidades das perguntas dos professores. **Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia**, Ponta Grossa, Edição Especial, p. 1-28, dez. 2022. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/rbect/article/view/15615>. Acesso em: XXX.
**Correspondência:** Barbara Lutaif Bianchini - barbaralb@gmail.com