

Evento contextualizado: uma proposta para o ensino e a aprendizagem de equações diferenciais ordinárias na engenharia civil

RIEUSE LOPES PINTO¹

GABRIEL LOUREIRO DE LIMA²

Resumo

Este artigo é um recorte de uma pesquisa de doutorado que está sendo desenvolvida sobre o ensino e a aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO). Apresentamos a questão que norteia essa pesquisa, os objetivos, o referencial teórico-metodológico adotado (A Matemática no Contexto das Ciências), e parte de uma organização didática que compõe o evento contextualizado. Esse evento foi elaborado a partir de um problema integrando disciplinas matemáticas com não matemáticas da Engenharia Civil, e engloba uma série de conceitos matemáticos e físicos relacionados aos conceitos da Termodinâmica e à transferência de calor. A organização didática, construída a partir da análise do comportamento térmico de três configurações de paredes em alvenaria durante uma prática laboratorial, tem como finalidade possibilitar ao estudante a utilização da Lei de Fourier, que é uma EDO, para determinar o fluxo térmico, ou seja, a taxa de transferência de calor por unidade de área.

Palavras-chave: Sequência Didática; Equações Diferenciais; Engenharia Civil; Matemática no Contexto das Ciências.

Abstract

This article is an excerpt from a doctoral research that is being developed on the teaching and learning of Ordinary Differential Equations (EDO). We show the issues that guides this research, the objectives, the theoretical-methodological framework adopted (Mathematics in the Context of Science), and part of a didactic organization that makes up the contextualized event. This event was elaborated from a problem integrating mathematical disciplines with non-mathematical Civil Engineering and encompasses a series of mathematical and physical concepts related to the concepts of Thermodynamics and heat transfer. The didactic organization, built from the analysis of the thermal behavior of three masonry wall configurations during a laboratory practice, aims to enable the student to use the Fourier Law, which is an EDO, to determine the thermal flow, in other words, the rate of heat transfer per unit area.

Keywords: Didactic Sequence; Differential Equations; Civil Engineering; Mathematics in the Context of Science.

Introdução

O Cálculo é uma das disciplinas cujos índices de reprovação, evasão e repetência são elevados, levando pesquisadores a investigar temáticas relacionadas ao ensino e à

¹ Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. PEPG em Educação Matemática – e-mail: rieuselopes@yahoo.com.br.

² Pontifícia Universidade Católica de São Paulo. PEPG em Educação Matemática – e-mail: gllima@pucsp.br.

aprendizagem de conceitos dessa área da Matemática. Pesquisas em Educação Matemática no Ensino Superior têm sido desenvolvidas, na tentativa de diagnosticar e minimizar esses problemas, e novas práticas metodológicas têm sido testadas e analisadas, sob várias perspectivas, embasadas em diversas teorias. Em nossa investigação de doutorado, pretendemos analisar os processos de ensino e de aprendizagem de Equações Diferenciais Ordinárias (EDO), no curso de Engenharia Civil, à luz da teoria A Matemática no Contexto das Ciências (MCC).

Um primeiro passo dessa investigação foi a realização de uma revisão de literatura relativa ao ensino e à aprendizagem de EDO, no âmbito da Educação Matemática. Procuramos sistematizar e analisar a produção científica que tem por temática a contextualização dessas equações. A partir da organização dos trabalhos selecionados, fizemos a descrição de aspectos relacionados às questões de pesquisa, aos objetivos, aos referenciais teóricos, às metodologias, aos sujeitos da pesquisa, e às considerações feitas pelos autores a partir dos resultados obtidos. Refletindo sobre as leituras realizadas nesse levantamento bibliográfico, observamos que vários pesquisadores mostram a importância de repensar o ensino de EDO e indicam caminhos e novas direções para isso. Ressaltamos que a Modelagem Matemática foi a abordagem de ensino mais desenvolvida nas pesquisas, evidenciando uma tendência entre os pesquisadores de valorizar o trabalho com problemas contextualizados na área específica de cada curso, principalmente nas engenharias. Para esses pesquisadores, o ambiente de aprendizagem favorecido pela Modelagem Matemática como estratégia de ensino pode apresentar resultados positivos na compreensão dessas equações.

A maior parte das pesquisas por nós analisadas na revisão de literatura realizada, de uma maneira ou outra, fundamentadas em teorias e em metodologias diversas, exploram problemas contextualizados, e atestam resultados positivos em suas conclusões. Essas preocupações também fazem parte de nossos anseios; e também vamos explorar problemas, mas, em nosso caso, com o diferencial de que serão problemas contextualizados construídos e implementados em consonância com o referencial que, do ponto de vista teórico, fundamenta esta investigação: a MCC.

Ao procurar definir o foco deste trabalho, em conexão com nossa experiência e com nossos interesses de pesquisa, verificamos que muitos dos estudos analisados foram desenvolvidos com estudantes da Engenharia, que também são sujeitos de nossa pesquisa. Assim como esses pesquisadores, consideramos relevante trabalhar situações-

problema envolvendo EDO em contextos de interesse do aluno, mas o diferencial de nossa pesquisa é que destacamos, especialmente na formação dos engenheiros, aqueles associados a suas futuras áreas de atuação. E, por essa razão, tencionamos utilizar problemas específicos da Engenharia Civil, ou seja, não estamos preocupados apenas com o desempenho matemático do estudante ou em explorar conceitos físicos, mas também com o desenvolvimento das competências profissionais de um engenheiro.

Face a essas considerações, propomos as seguintes questões como norteadoras de nossa pesquisa: (1) Como as Equações Diferenciais Ordinárias lineares de 1ª e 2ª ordens são mobilizadas nas disciplinas não matemáticas de um curso de graduação em Engenharia Civil? (2) Quais são as contribuições, para a aprendizagem de graduandos em Engenharia Civil, propiciadas por uma sequência de ensino constituída por atividades que contextualizam as EDO na Engenharia?

A partir dessas questões, estabelecemos os seguintes objetivos: (i) Analisar a mobilização de EDO lineares de 1ª e 2ª ordens, em livros didáticos utilizados como referências básicas em disciplinas não matemáticas presentes no currículo da Engenharia Civil; (ii) Desenvolver, a partir da elaboração de uma coletânea de situações presentes em disciplinas não matemáticas da Engenharia Civil nas quais as EDO lineares de 1ª e 2ª ordens são mobilizadas, eventos contextualizados (que, no referencial teórico adotado, como detalharemos na seção seguinte, são entendidos como problemas integrando disciplinas matemáticas e não matemáticas de um determinado curso) para esse objeto matemático; (iii) Analisar as possíveis contribuições desses eventos contextualizados para o aprendizado de EDO lineares de 1ª e 2ª ordens por graduandos em Engenharia Civil.

Neste artigo, destacamos o referencial teórico que fundamenta a investigação e parte da organização didática do evento contextualizado (EC) que estamos construindo para o ensino de EDO em cursos de Engenharia Civil.

1 Referencial teórico - metodológico

A Matemática no Contexto das Ciências (MCC) foi desenvolvida pela pesquisadora Patrícia Camarena, para fundamentar discussões a respeito do ensino de Matemática em cursos superiores nos quais essa ciência não é uma meta por si mesma, ou seja, em cursos que não visam à formação de matemáticos. Conforme expõe Camarena (1987), a Ciência em Contexto é uma estrutura teórica que reflete sobre a ligação que existe entre

as diferentes áreas do conhecimento contempladas nos programas acadêmicos das engenharias. O pressuposto filosófico educacional dessa teoria é que o estudante deve ser capaz de fazer a transferência de conhecimentos das ciências básicas para áreas que exigem competências profissionais. Por meio da MCC, busca-se refletir a respeito do vínculo entre a Matemática e outras ciências, situações profissionais e atividades cotidianas.

Pela perspectiva da MCC, a Matemática a ser ensinada aos estudantes deverá levá-los a atuar de maneira racional, lógica e analítica, considerando todas as variáveis envolvidas nos problemas e situações que deverão ser enfrentados em suas atividades profissionais (CAMARENA, 1987). A MCC tem sido empregada para fundamentar estudos que mostram a importância de uma aprendizagem significativa e contextualizada em cursos de Engenharia (CAMARENA, 1987, 1990, 2002).

Essa teoria concebe os processos de ensino e de aprendizagem como um sistema no qual cinco fases estão presentes: curricular, didática, cognitiva, epistemológica e docente. Cada fase possui um embasamento teórico e uma metodologia específica, em concordância com os paradigmas que a sustentam. Estão imersas em um sistema complexo, em que cada uma delas interage, além de não estarem isoladas umas das outras nem serem independentes das condições sociológicas dos atores do processo educativo.

Na fase *curricular*, o pesquisador tem como objetivo principal o planejamento de programas de ensino de Matemática específicos para os diferentes cursos de graduação por meio da metodologia *Dipcing* (**D**iseño de **p**rogramas de estudio de matemáticas em **c**arreras de **i**ngeniería) (CAMARENA, 2002). Essa metodologia fundamenta-se no paradigma educativo de que as disciplinas matemáticas deverão munir os graduandos de conceitos e ferramentas específicas de sua formação, e também, posteriormente, de seu cotidiano profissional. Na fase *didática*, a finalidade é trabalhar os conceitos matemáticos com os alunos, de forma a auxiliá-los no desenvolvimento de habilidades em transferir esses conceitos para áreas específicas. A principal ferramenta de trabalho do professor nessa fase, que contempla o Modelo Didático da Matemática em Contexto (MoDiMaCo) são os eventos contextualizados, definidos por Camarena (2017) como sendo problemas ou projetos que desempenham o papel de entes integradores entre disciplinas matemáticas e não matemáticas que compõem o currículo de determinado curso de graduação, possibilitando, portanto, um trabalho interdisciplinar no ambiente

de aprendizagem. Na fase *cognitiva*, são analisados os possíveis ganhos proporcionados ao futuro engenheiro por uma abordagem de Matemática que busque propiciar a construção de conhecimentos de forma estruturada, articulada e não fragmentada, desenvolvendo habilidades de pensamento por meio de reflexões relacionadas a situações de interesse dos estudantes, possivelmente proporcionando uma aprendizagem significativa. Na fase *epistemológica*, a preocupação central é a de que a Matemática que os alunos aprenderam deverá sofrer transformações para adaptar-se às necessidades sociais de outras ciências, entrando em cena a ideia de *Transposição Contextualizada* (CAMARENA, 2001). Na fase *docente*, o objetivo é desenvolver formações que possam aperfeiçoar a prática dos professores universitários que ministram disciplinas matemáticas em cursos voltados à formação de não matemáticos e que desejem atuar segundo os preceitos do MoDiMaCo.

Em nossa pesquisa de doutorado, visando contextualizar o ensino de EDO na Engenharia Civil sob a perspectiva da MCC, inicialmente recorreremos à fase curricular, especialmente à etapa central da metodologia *Dipping*, uma vez que foi a partir da análise de livros didáticos utilizados como referências principais nas disciplinas não matemáticas desse curso, como prevê a referida etapa da *Dipping*, que elaboramos uma coletânea de situações da engenharia que mobilizam EDO lineares de 1ª e 2ª ordens, situações que, nesta pesquisa, são o ponto de partida para a construção dos EC. Recorreremos, também, à etapa consequente da *Dipping*, uma vez que, para escolher dentre os problemas identificados, aquele(s) mais relevante(s) para a atuação profissional do futuro engenheiro e que, portanto, deveria dar origem ao EC com o qual iríamos trabalhar, realizamos entrevistas com professores e profissionais da Engenharia.

Identificadas situações com potencial de gerarem EC, utilizamos a fase didática da MCC a partir do desenvolvimento de um EC que, a nosso ver – e a investigação que estamos realizando irá confirmar essa conjectura ou refutá-la – possa ser significativo para os alunos. O evento que construímos explora os conceitos básicos e princípios que fundamentam os processos de transferência de calor, e servirá de contexto para o ensino e a aprendizagem de EDO. No âmbito da fase didática, realizaremos uma intervenção de ensino que nos permitirá coletar dados que, posteriormente, analisaremos, a partir dos preceitos da fase cognitiva da MCC.

Como já mencionado, o EC construído até o presente momento desta pesquisa fundamenta-se em uma aplicação da transferência de calor por condução em paredes

planas. Estudar a transferência de calor em construções é relevante para o futuro profissional da Engenharia Civil, pois conhecimentos a esse respeito são requeridos quando se visa reduzir o dispêndio de energia elétrica em ambientes climatizados, melhorar o conforto térmico de ambientes não climatizados e racionalizar o consumo de energia. Também é necessário que o engenheiro compreenda os mecanismos físicos que fundamentam os modos de transferência de calor e que seja capaz de resolver as equações diferenciais envolvidas em cada situação- problema, a fim de determinar a quantidade de energia transferida por unidade de tempo.

2 O evento contextualizado

Nesta seção, antes de efetivamente descrever o evento contextualizado que construímos, apresentamos algumas informações a respeito dos sujeitos de pesquisa que trabalharão com o evento nas próximas etapas de nossa investigação. Será um experimento piloto, envolvendo estudantes do 4º período de Engenharia Civil, que estudam EDO na disciplina Cálculo Diferencial e Integral. Todos os 28 alunos dessa classe foram convidados a participar da experiência, mas como a realização do EC será extraclasse, apenas 12 deles apresentaram disponibilidade de tempo. Conforme destacamos na seção anterior, o EC que construímos está inserido no contexto da Termodinâmica, ciência que estuda a energia, a interação entre energia e matéria e as relações de troca entre o calor e o trabalho realizado na transformação de um sistema físico quando interage com o meio externo.

O objetivo proposto ao estudante por meio da resolução do EC e, portanto, da organização didática construída para esse evento, será analisar o comportamento térmico de três configurações de paredes em alvenaria durante uma prática laboratorial. Essas estruturas foram construídas em laboratório, da seguinte forma: Em cada uma das paredes, foram instalados 3 sensores analógicos do tipo LM35 no plano radial, de modo que foram posicionados no centro das paredes. Uma vez instalados, foram interligados a uma plataforma Arduino Mega – com o microcontrolador Atmega 2560 –, que alimentará um programa criado em linguagem de programação *Python*, que fará a coleta e armazenamento dos dados, além de realizar os cálculos através da *framework SciPy*. Os dados enviados à *framework* permitirão fazer as previsões de aquecimento máximo por meio das paredes e do tempo necessário para que cada parede alcance a isoterminia de aquecimento e o resfriamento.

3 Organização didática do evento contextualizado

Nesta seção, apresentamos, em primeiro lugar, o evento contextualizado da maneira como ele será proposto aos alunos que farão parte da pesquisa. Em seguida, será feita uma possível organização didática do trabalho com o EC, em que explicitamos os objetivos, procedimentos e análise *a priori* de cada situação proposta.

SITUAÇÃO 1: CONFORTO TÉRMICO EM UMA EDIFICAÇÃO.

ATIVIDADE 1:

Visando melhorar o conforto térmico de ambientes não climatizados, reduzir o dispêndio de energia elétrica em ambientes climatizados e racionalizar o consumo de energia, o engenheiro civil busca soluções que potencializem a eficiência energética de um projeto de edificações. Para alcançar o conforto térmico desejado, é necessário o conhecimento sobre a transferência de calor do ambiente externo para o interior das edificações. Assim, apresentamos três paredes assim configuradas:

PAREDE 1: Foi construída com tijolos maciços aparentes, assentados na dimensão de 10 cm, com revestimento interno. As dimensões do tijolo são: 10,5 x 6 x 23 cm. O assentamento foi feito com 1 cm de argamassa, e o revestimento da parte interna com 2,5 cm de argamassa. A espessura total da parede é 13 cm.

PAREDE 2: Foi construída com tijolos maciços aparentes, assentados na dimensão de 10 cm, com revestimento externo e interno. As dimensões do tijolo são: 10,5 x 6 x 23 cm. O assentamento foi feito com 1 cm de argamassa, e o revestimento da parte interna e externa com 2,5 cm de argamassa. A espessura total da parede é 15 cm.

PAREDE 3: É uma parede dupla construída com tijolos maciços aparentes, assentados na dimensão de 10 cm, com isolante térmico de poliestireno e com revestimento externo e interno. As dimensões do tijolo são: 10,5 x 6 x 23 cm. O assentamento foi feito com 1 cm de argamassa, e o revestimento da parte interna e externa com 2,5 cm de argamassa. A espessura do isolante térmico é 5,5 cm, e a espessura total da parede é 33,5 cm.

De acordo com as especificidades de cada parede, respondam:

- a) Qual das três paredes apresenta maior conforto térmico em uma edificação?
- b) Qual é o comportamento térmico dos materiais de cada parede?
- c) Que é preciso fazer para reduzir as perdas térmicas de cada parede?

ATIVIDADE 2:

De acordo com as informações obtidas na busca por respostas aos questionamentos da atividade anterior, percebemos que é necessário conhecer as propriedades termofísicas de cada material que compõe as paredes, investigar a condutividade térmica, a transferência de calor e os conceitos da termodinâmica. Portanto, as respostas aos questionamentos propostos nesta atividade objetivam estender a análise termodinâmica por meio do estudo dos modos de transferência de calor e desenvolvimento de relações para o cálculo de suas taxas de transferência. As respostas dadas aos questionamentos da atividade devem estar fundamentadas em pesquisas realizadas, em *sites* da internet e no livro *Fundamentos de Transferência de Calor e Massa* de F. Incropera, e D. Dewitt.

- a) Que é calor e como se processa?
- b) Qual é a diferença entre calor e temperatura?
- c) Que é transferência de calor?
- d) Qual é a relação entre a transferência de calor e a termodinâmica?
- e) Como o calor é transferido?
- f) Qual é a relevância da transferência de calor?
- g) Quais são os modos de transferência de calor? Explique cada um deles.
- h) Explique fluxo térmico, gradiente de temperatura e condutividade térmica.
- i) Explique taxa de transferência de calor por condução.
- j) Escreva sobre a Lei de Fourier.

ATIVIDADE 3:

Hoje, vamos conversar com um professor de Termodinâmica que foi convidado para explicar os processos de transferência de calor. Elabore três questionamentos ou dúvidas sobre o assunto em questão. Registre suas perguntas e, posteriormente, as respostas dadas pelo professor.

Questionamentos:

1. _____
2. _____
3. _____

Respostas: _____

Organização didática da situação 1

Objetivo: Suscitar e registrar questionamentos que levem à investigação dos conceitos básicos da Termodinâmica e dos processos da transferência de calor.

Procedimento: No laboratório, apresentar as três configurações de paredes, conversar sobre a configuração dessas paredes, propor questionamentos e entregar a primeira atividade impressa, para que sejam registradas as conclusões de cada grupo de alunos. Após a realização e recolhimento da primeira atividade, propor a realização da atividade 2, constituída de questionamentos a respeito: das propriedades termofísicas de cada material que compõe as paredes, condutividade térmica, transferência de calor e conceitos da termodinâmica. Para responder a esses questionamentos, disponibilizaremos o livro *Fundamentos de Transferência de Calor e Massa* de F. Incropera e D. Dewitt, e o acesso à internet. Recolher a atividade 2, propor uma discussão sobre as respostas dadas pelos grupos de alunos e assistir a uma palestra com um professor de Termodinâmica a respeito da transferência de calor. Na atividade 3, orientar os grupos de estudantes a registrarem três questionamentos a serem feitos ao palestrante e, posteriormente, também as respostas dadas por ele.

Análise a priori: A partir das respostas dadas pelos estudantes aos questionamentos propostos na atividade 1, esperamos que esses alunos levantem questionamentos sobre o conforto térmico de uma edificação, e como alcançá-lo. Provavelmente responderão que a parede que apresenta maior conforto térmico em uma edificação é a terceira, devido à presença do poliestireno expandido ou *expanded polystyrene* (EPS), e por ter dupla camada de tijolos. Presumimos que se interessem em estudar os conceitos básicos da Termodinâmica, a condutividade térmica, os processos da transferência de calor e as propriedades termofísicas de cada material que compõe as paredes, e que esse conhecimento sirva de fundamento para perceber a necessidade de se instalarem sensores de temperatura nas paredes, a fim de determinar o fluxo térmico. A expectativa é que leiam e compreendam que a transferência de calor por condução para uma parede plana unidimensional com uma distribuição de temperaturas $T(x)$ é governada pela Lei de Fourier, e que essa lei é representada pela equação escrita na forma $q_x'' = -k \frac{dT}{dx}$, em que o fluxo térmico $q_x'' (W/m^2)$ é a taxa de transferência de calor na direção x por unidade de área perpendicular à direção da transferência, e é proporcional ao gradiente

de temperatura, $\frac{dT}{dx}$, nessa direção. O parâmetro K é uma propriedade de transporte conhecida como condutividade térmica ($W/(m.K)$), e é uma característica do material da parede (INCROPERA e DEWITT, 2015).

Na atividade 3, propomos o registro de perguntas realizadas a um profissional da área para responder questionamentos que porventura não tiverem sido esclarecidos na discussão realizada na atividade 2. Esperamos dos alunos interesse e objetividade no levantamento de hipóteses, a fim de resolver o problema proposto no EC, de forma que a palestra seja conduzida nesse sentido.

Após a realização das três atividades da situação 1, voltaremos ao laboratório para instalar sensores de temperatura nas paredes, com o intuito de determinar o comportamento térmico de cada uma delas. Para a realização dessa experiência, construímos uma câmara térmica com dimensões internas 60x40x40 cm, sendo que uma das faces de 40x40 cm é vazada. Para sua confecção, utilizamos madeira compensada, poliestireno expandido de 50 mm, papel laminado, duas lâmpadas, um *dimmer* e ferragens. Parafusamos a madeira compensada, formando a casca da câmara, e revestimos seu interior com o poliestireno expandido forrado com papel laminado. Para aferir a temperatura em cada ponto da parede, faremos o acoplamento da parede em estudo, já devidamente instrumentada com os sensores de temperatura nela inseridos, na extremidade aberta da câmara – nesse acoplamento, o centro da parede deve coincidir com o centro da lâmpada. A relevância dessa experiência reside no fato de ser realizada com paredes reais, construídas com materiais utilizados nas edificações, ou seja, é uma experiência real, não virtual, com comportamento de temperatura não simulado.

SITUAÇÃO 2: REALIZAÇÃO DA EXPERIÊNCIA E COLETA DE DADOS.

ATIVIDADE 1:

Para responder, de forma científica, aos questionamentos do EC, vamos realizar a experiência com as três paredes. Pretendemos investigar qual delas apresenta maior conforto térmico em uma edificação, e qual é o comportamento térmico dos materiais que as compõem. Essa experiência tem duração de duas horas, e, enquanto isso acontece, vocês devem buscar informações sobre a tecnologia utilizada para sua realização. Assim, respondam:

- a) Que é uma plataforma *Arduino* e qual é sua funcionalidade?

- b) Que é um microcontrolador *ATmega2560* e quais são seus recursos?
- c) Explique linguagem de programação *Python* e como foi utilizada nessa atividade.
- d) Faça uma previsão sobre a coleta de dados. Como será em cada parede?

ATIVIDADE 2:

De posse das tabelas com os dados coletados após a experiência, faremos a análise desses dados, com o intuito de responder qual das paredes apresenta maior conforto térmico em uma edificação e qual é o comportamento térmico dos materiais que as compõem.

- a) A previsão que vocês fizeram na atividade anterior se aproximou dos dados reais? Explique.
- b) Qual modo de transferência de calor foi utilizado nessa experiência: condução, convecção ou radiação? Justifique.
- c) Existe alguma forma matemática de modelar a transferência de calor em paredes compostas por diferentes tipos de materiais?

ATIVIDADE 3:

Agora, que chegamos à conclusão de que a Lei de Fourier é utilizada para determinar o fluxo térmico, ou seja, fornece a taxa de transferência de calor por unidade de área, passaremos a investigar suas características e aplicação:

- a) Defina Equação Diferencial Ordinária.
- b) Quais são suas características e aplicação?
- c) Que é um modelo matemático?

Organização didática da situação 2

Objetivo: Vivenciar uma experiência real e coletar dados não simulados de transferência de calor ao longo da espessura das paredes.

Procedimento: No laboratório, apresentar as três configurações de paredes e explicar que, em cada uma delas, foram instalados 3 sensores analógicos do tipo LM35 no plano radial, de modo que foram posicionados no centro das paredes. Esclarecer que o LM35 é um sensor de precisão que apresenta uma saída de tensão linear proporcional à temperatura em que se encontra no momento, tendo, em sua saída, um sinal de 10 mV

para cada grau *celsius* de temperatura. Mostrar que, após a instalação, esses sensores foram interligados a uma plataforma *Arduino Mega* – com o microcontrolador *ATmega 2560* (dispositivo responsável por integrar componentes físicos e programas). Realizar o acoplamento de cada parede em estudo, ligar a tomada para que se acenda a lâmpada, e mostrar que o *arduino* alimentará um programa criado em linguagem de programação *Python*, que fará a coleta e o armazenamento dos dados, além de realizar os cálculos por meio da *framework SciPy*. Os dados enviados à *framework* permitirão fazer as previsões de aquecimento máximo através das paredes, e do tempo necessário para que cada uma delas alcance a isoterma de aquecimento e o resfriamento. Durante o desenvolvimento do experimento, propor a realização da atividade 1 da Situação 2. Após a experiência, de posse dos dados, propor a realização da atividade 2, concluir que condução foi o modo de transferência de calor utilizado, e compreender sobre modelos matemáticos. Na atividade 3, iniciar a construção do conceito de uma EDO.

Análise a priori: Na realização da atividade 1, supomos que os grupos de alunos busquem informações sobre a tecnologia utilizada no desenvolvimento da experiência, pois é importante que compreendam, com clareza, sobre a coleta dos dados. Provavelmente, as respostas obtidas sobre a tecnologia utilizada sejam básicas, sem muito aprofundamento. É possível que destaquem que o *Arduino* é uma plataforma de prototipagem eletrônica com *hardware* e *software* flexíveis, que o microcontrolador *ATmega2560* é um tipo especial de circuito integrado, e que *Python* é uma linguagem de programação de alto nível e objetivo geral. Em relação às respostas aos questionamentos, esperamos que os grupos de alunos percebam, de maneira efetiva, o comportamento térmico e a transferência de calor ao longo da espessura das paredes, e que façam previsões de temperaturas da superfície externa e da superfície interna de cada parede. Temos a expectativa de que percebam que a condutibilidade de cada isolante térmico traz diferenças nessas medições, que nos ensaios na câmara térmica a temperatura interna é maior que a temperatura externa, e que a parede com o poliestireno apresenta melhor desempenho térmico. Esperamos, também, que concluam que a condução é o modo de transferência de calor utilizado nessa experiência, pois, nela, transferência de calor ocorre através de um meio estacionário com um gradiente de temperatura.

Esclarecemos que os sujeitos dessa pesquisa, até então, não conhecem os conceitos básicos nem as técnicas de resolução de EDO, portanto, após a realização da atividade 3

da situação 2, iniciaremos um estudo de forma disciplinar, com o nível de rigor e formalismo matemático adequados ao que se espera na formação de um engenheiro a respeito desse assunto. Nesse estudo, que será feito por meio de atividades individuais ou em grupos, pretendemos: diferenciar uma equação diferencial ordinária de uma equação diferencial parcial; determinar a ordem e o grau de uma equação; verificar se uma função é solução da equação dada; resolver problemas, dado o valor inicial; transformar uma equação da forma normal para a forma diferencial e vice-versa; identificar e resolver os diversos tipos de equações diferenciais (separável, homogênea, exata, e por meio da determinação do fator integrante). Esse procedimento, que, de acordo com Camarena (2017), é uma descontextualização do conceito a ser apreendido, faz parte do processo metodológico da MCC, e, nesse sentido, a autora afirma que:

Quando os alunos terminam a resolução do evento contextualizado, o professor deve apresentar o conceito ou tópico descontextualizado, com o formalismo exigido pela profissão, e isso é reforçado com atividades de aprendizagem e uso da tecnologia como mediadora da aprendizagem, o que possibilitará a abstração do conceito.(CAMARENA, 2017, p.6)

Ressaltamos nossa expectativa de que o EC e o desenvolvimento da organização didática dessa pesquisa servirão para favorecer uma formação integral do estudante e uma aprendizagem significativa de EDO.

Considerações Finais

Atualmente, temo-nos dedicado à construção das próximas etapas e também ao aprimoramento dessa organização didática, composta por uma série ordenada e articulada de atividades que servirão para viabilizar o desenvolvimento do EC. A realização dessa sequência nos dará subsídios para analisar aspectos epistemológicos e didáticos referentes aos processos de ensino e de aprendizagem de EDO, considerando as especificidades da formação do futuro engenheiro. Posteriormente à implementação dessa organização didática, faremos o tratamento e a análise dos dados, e estabeleceremos comparações entre o que havíamos previsto na história do evento contextualizado e aquilo que de fato ocorreu, visando refinar a sequência para sua implementação definitiva. Esse procedimento possibilitará a coleta de dados para as análises finais a serem realizadas em nossa tese de doutorado, pois temos o intuito de analisar as possíveis contribuições trazidas pela sequência desenvolvida para a

aprendizagem de graduandos em Engenharia Civil.

Referências

CAMARENA, G. P. **Diseño de un curso de ecuaciones diferenciales en el contexto de los circuitos eléctricos.** Tesis de Maestría, Cinvestav I.P.N, México, 1987.

_____. **Especialidad en docencia de la ingeniería matemática en electrónica.** México, Edit. Esime-IPN, 1990.

_____. Contextualización de las Series en Ingeniería (Estrategia Didáctica). **Científica: the Mexican Journal of Electromrchanical Engineering Esime**, v. 5, n. 4. oct.-dic. 2001.

_____. La serie de Fourier en el Contexto de Transferencia de Masa. **Científica: the Mexican Journal of Electromrchanical Engineering Esime**, v. 6, n. 4., oct.-dic. 2002.

_____. Didáctica de la matemática en contexto. **Educação Matemática Pesquisa**, v. 19, n. 2, p. 1-26, 2017. Doi: 3156.2017v19i2p1-26

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D.P. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa.** 4. ed. LTC, 2015.