

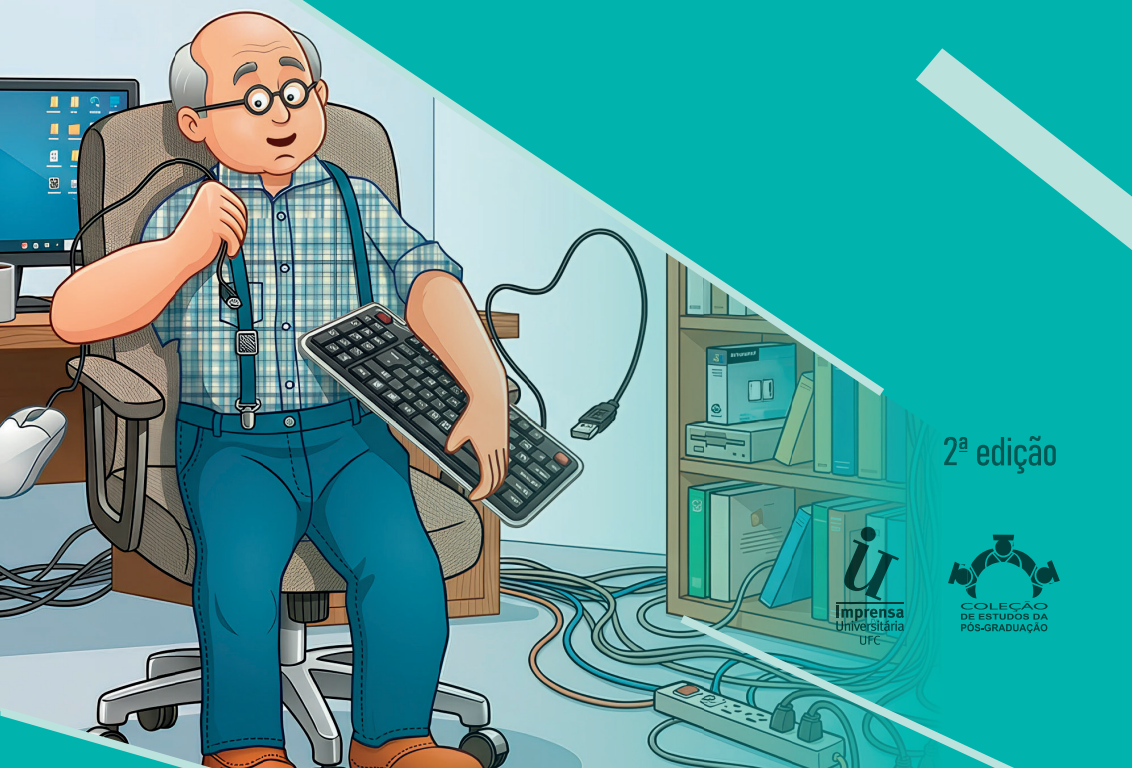
ORGANIZADORES

HERMÍNIO BORGES NETO

FERNANDA M^a ALMEIDA DO CARMO

Sequência Fedathi

uma proposta pedagógica
para o ensino de ciências
e matemática



2^a edição

u
Imprensa
Universitária
UFPA

**COLEÇÃO
DE ESTUDOS DA
PÓS-GRADUAÇÃO**

Sequência Fedathi

**uma proposta pedagógica
para o ensino de
ciências e matemática**

2ª edição



Presidente da República

Luiz Inácio Lula da Silva

Ministro da Educação

Camilo Sobreira de Santana



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ – UFC

Reitor

Prof. Custódio Luís Silva de Almeida

Vice-Reitora

Prof^ª Diana Cristina Silva de Azevedo

Pró-Reitor de Planejamento e Administração

Prof. João Guilherme Nogueira Matias

Pró-Reitora de Pesquisa e Pós-Graduação

Prof^ª Regina Célia Monteiro de Paula



IMPRENSA UNIVERSITÁRIA DA UFC

Diretor

Francisco Charles Rocha e Silva Ribeiro

**COMISSÃO TÉCNICO-EDITORIAL DA
COLEÇÃO DE ESTUDOS DA PÓS-GRADUAÇÃO – UFC
Edição 2024-2026**

Coordenadora de Planejamento Estratégico e Avaliação

Lidiany Karla Azevedo Rodrigues Gerage

Biblioteca Universitária

Felipe Ferreira da Silva

Departamento de Enfermagem/FFOE

Joselany Áfio Caetano

Biblioteca Universitária

Juliana Soares Lima

Hermínio Borges Neto
Fernanda M^a Almeida do Carmo
(Organizadores)

Sequência Fedathi

**uma proposta pedagógica
para o ensino de
ciências e matemática**

2^a edição



Fortaleza
2026

Sequência Fedathi: uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e matemática

Copyright © 2026 by Hermínio Borges Neto e Fernanda M^a Almeida do Carmo
(organizadores)

Todos os direitos reservados

IMPRESSO NO BRASIL / PRINTED IN BRAZIL

Imprensa Universitária – Universidade Federal do Ceará
Av. da Universidade, 2932 – Benfica, Fortaleza-Ceará, Brasil

Coordenação editorial

Ivanaldo Maciel de Lima

Revisão de texto

Antídio Oliveira

Normalização bibliográfica

Luciane Silva das Selvas

Layout gráfico-visual

Sandro Vasconcellos

Diagramação

Victor Alencar

Capa

Heron Cruz

Ilustração de capa

Francisco Waldey Carneiro

Editora filiada à



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Imprensa Universitária - Universidade Federal do Ceará

-
- E879 Sequência Fedathi [livro eletrônico] : uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e matemática / Organizadores, Hermínio Borges Neto e Fernanda Maria Almeida do Carmo. 2. ed.– Fortaleza: Imprensa Universitária, 2026. 3.094 Kb. : il. Color. ; PDF. (Coleção Estudos da Pós-Graduação)
ISBN: 978-85-7485-607-0
1. Matemática – estudo e ensino. 2. Ciências – estudo e ensino. 3. Formação de Professores – ciências e matemática. I. Borges Neto, Hermínio, org. II. Carmo, Fernanda Maria Almeida do, org. III. Título.

CDD 370

Elaborada por: Luciane Silva das Selvas – CRB 3/1022

Apresentação

A primeira edição deste livro, da qual a maioria dos capítulos foi mantida, descreveu e sistematizou a Sequência Fedathi, uma metodologia de ensino desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa Multimeios, na Faculdade de Educação (Faced) da Universidade Federal do Ceará (UFC), sob a coordenação do Prof. Dr. Hermínio Borges Neto, a partir de experiências na Educação Básica e na Educação Superior, nos campos da Matemática e das Ciências. Essa obra foi o primeiro livro sobre Sequência Fedathi, sendo uma de suas principais referências e contemplou estudos realizados até o ano de 2013.

A Sequência Fedathi propõe que os conhecimentos, em qualquer área, sejam ensinados com base no método científico, proporcionando condições para que o aluno seja um sujeito ativo, questionador e autônomo no seu processo de aprendizagem, agindo, efetivamente, numa perspectiva de investigação. Os conceitos-chave que a compõem indicam elementos e subsídios que contribuem para as ações do docente, buscando configurar a sala de aula como um espaço de diálogo e de troca entre os pares (aluno-aluno e aluno-professor), com a mediação docente.

Assim, no decurso dos últimos doze anos, a Sequência Fedathi continuou evoluindo, sendo constantemente estudada por pesquisadores e professores: alunos dos cursos de doutorado, mestrado e graduação. Com isso, ela tem um processo contínuo de desenvolvimento e de atualização, sempre aperfeiçoando suas concepções e conceitos. Além disso, a Sequência Fedathi acompanhou a evolução das tecnologias, explorando os seus usos para a Educação, com base na pesquisa científica.

Foi desse cenário que surgiu esta nova edição: muitos dos capítulos que compuseram a primeira edição foram republicados sem alterações – uma vez que ainda contemplam a Sequência Fedathi em sua essência –, alguns foram modificados e outros novos foram incluídos, oferecendo ao público conceitos e estudos mais recentes no âmbito da Sequência Fedathi e contemplando a sua expansão, isto é, o seu caráter generalizável.

Para situar o leitor nessa linha histórica de aperfeiçoamento, a nova edição está organizada em quatro partes. A Parte 0 apresenta as origens da Sequência Fedathi, expondo o problema que a originou. A Parte 1 é constituída por dois artigos, que apresentam e caracterizam a Sequência Fedathi, discutindo-a em sua essência e origem. O primeiro aborda as etapas da Sequência Fedathi – Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova –, comparando-as, ainda, com elementos do modelo de ensino tradicional. Para ampliar essa discussão, o segundo discute algumas sequências que foram apresentadas no decurso da história da Educação para o desenvolvimento do ensino, convergindo-as com a Sequência Fedathi.

A Parte 2 delinea experiências desenvolvidas com a aplicação da Sequência Fedathi em distintos contextos. O primeiro artigo dessa seção mostra a experiência com três professores de uma escola pública na cidade de Quixadá-CE. O segundo artigo discute a abordagem de números fracionários na formação inicial de professores de Matemática dos anos iniciais do Ensino Fundamental. O terceiro artigo apresenta uma reflexão sobre o ensino de Geometria na formação inicial de pedagogos. O quarto artigo desenha uma experiência no ensino de Física Moderna no Ensino Médio, focando o conteúdo de Efeito Fotoelétrico. E, finalmente, o quinto artigo da seção expõe uma pesquisa com um grupo de professores do Colégio Militar, acerca da utilização da Modelagem Matemática, por meio do *software Modellus*, para o ensino de Física.

A Parte 3 aborda o uso da Sequência Fedathi nas novas tecnologias. O artigo inicial da seção contextualiza o Polígono Fedathi, justificando sua nomenclatura e apresentando sua origem e seus

elementos. O artigo seguinte analisa o Ambiente Virtual de Ensino (AVE) TeleMeios, considerando suas potencialidades técnico-pedagógicas e seu histórico de desenvolvimento. Por fim, o artigo que encerra a seção e o livro apresenta a Sequência Fedathi como metodologia de pesquisa.

Espera-se que esta obra contribua para o entendimento do leitor interessado em iniciar ou aprimorar sua prática de ensino e de pesquisa fundamentada na Sequência Fedathi, fazendo-o refletir sobre os principais elementos que desencadeiam os processos de ensino e de aprendizagem.

Hermínio Borges Neto

Fernanda Maria Almeida do Carmo

Sumário

PARTE 0

ORIGENS DA SEQUÊNCIA FEDATHI

UMA PROPOSTA LÓGICO-DEDUTIVA-CONSTRUTIVA: OS PROBLEMAS QUE ORIGINARAM A SEQUÊNCIA FEDATHI.....	12
--	----

Herminio Borges Neto

Fedathi Cebê

PARTE 1

O QUE É A SEQUÊNCIA FEDATHI?

SEQUÊNCIA FEDATHI: APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO	23
---	----

Maria José Araújo Souza

SEQUÊNCIAS NO ENSINO DA MATEMÁTICA: RETROSPECTIVA HISTÓRICA DE DEWEY A FEDATHI.....	51
---	----

Maria José de Araújo Souza

PARTE 2

SEQUÊNCIA FEDATHI: APLICAÇÕES NO ENSINO DE MATEMÁTICA E CIÊNCIAS

APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA FEDATHI E A EXIGÊNCIA DE UM NOVO CONTRATO DIDÁTICO.....	66
--	----

Francisco Edison Eugênio de Sousa

O ENSINO DE NÚMEROS FRACIONÁRIOS NA FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR: CONTRIBUIÇÃO DA SEQUÊNCIA FEDATHI.....	89
---	----

Maria José Costa dos Santos

Ivoneide Pinheiro de Lima

Francisco Herbert Lima Vasconcelos

A SEQUÊNCIA FEDATHI NA ELABORAÇÃO DOS CONCEITOS DE GEOMETRIA NA FORMAÇÃO INICIAL DO PEDAGOGO	96
--	----

Ivoneide Pinheiro de Lima

Elizabeth Matos Rocha

Maria José Costa dos Santos

Francisco Herbert Lima Vasconcelos

A METODOLOGIA FEDATHI NO ENSINO DA FÍSICA MODERNA: UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO AMBIENTE VIRTUAL.....	112
---	-----

Edson Pereira de Moraes

Ênio José Gondim Guimarães

Raimundo Bezerra da Silva Neto

Francisco Augusto Silva Nobre

O ENSINO DE FÍSICA COM A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA COMPUTACIONAL APLICADA À EDUCAÇÃO COM O SOFTWARE <i>MODELLUS</i>	147
---	-----

Francisco Herbert Lima Vasconcelos

José Rogério Santana

PARTE 3

SEQUÊNCIA FEDATHI E SUAS INOVAÇÕES

POLÍGONO FEDATHI: ASPECTOS HISTÓRICOS DA IMERSÃO PEDAGÓGICA FEDATHIANA.....	170
---	-----

Jessica de Castro Barbosa

Daniele de Oliveira Xavier

Fernanda Maria Almeida do Carmo

TELEMEIOS: FERRAMENTAS INTERATIVAS PARA O ENSINO A DISTÂNCIA ANCORADAS NA SEQUÊNCIA FEDATHI.....	189
---	-----

André Santos Silva

SEQUÊNCIA FEDATHI COMO METODOLOGIA DE PESQUISA.....	202
--	-----

Carlos Henrique Delmiro de Araújo

Daniel Brandão Menezes

OS AUTORES	209
------------------	-----

PARTE 0

ORIGENS DA SEQUÊNCIA FEDATHI

UMA PROPOSTA LÓGICO- DEDUTIVA-CONSTRUTIVA

OS PROBLEMAS QUE ORIGINARAM A SEQUÊNCIA FEDATHI

Herminio Borges Neto¹
Fedathi Cebê²

Introdução

O que é matemática e qual o papel que ela representa na atualidade? A palavra matemática vem do vocábulo grego *mathema*, que significa instrução, conhecimento. Será que um matemático é um ser instruído?

Hoje, praticamente, tudo o que se faz na vida é matemática ou utiliza um conceito matemático. E isso está tão subliminarmente enraizado que a gente não percebe. Mas, prestando um pouco mais de atenção, logo identificamos que ela está presente no ato de contar, medir, comparar, estimar, comprar, pechinchar, o que e como pagar, trabalhar, andar, acordar, enfim em todas as nossas atividades. E, como toda boa tecnologia, é transparente.

¹ herminio@multimeios.ufc.br; herminio@ufc.br.

² fedathi@free.fr.

A Matemática, com a sua capacidade de lidar com medidas, modelos, abstrações, generalizações, estruturas lógicas e suas implicações, tornou-se, como Descartes teria desejado, o elemento unificador de um universo racionalizado (Davis; Hersh, 1988). Contemporaneamente (ou modernamente), o seu papel mudou a partir de 1978, com a aceitação da prova do Teorema das Quatro Cores por técnicas computacionais por Appel e Haken.

Hoje a Matemática enfrenta um paradoxo, face ao conhecimento humano. Se, por um lado, é cada vez maior o sentimento de que se trata uma ciência forte, poderosa, cada vez mais presente em qualquer área do conhecimento humano, por outro, é difícil encontrar uma pessoa, a não ser aquelas com formação em ciências exatas, que saiba entendê-la, compreendê-la, aceitá-la sem restrições e não ser do tipo “detesto”, “não sei nada”.

A imagem de uma pessoa que saiba manejá-la é sempre aquela de uma virtuose em cálculos; e, com o aparecimento de computadores pessoais, principalmente após os anos de 1975, a imagem de alguém capaz de programá-los e entendê-los. Esse sentimento de desconhecimento da Matemática ainda é mais eloquente se notarmos que a quantidade de matemática necessária para a maioria dos cidadãos não passa do segundo ano de uma universidade e que, além disso, nada do que é ensinado até aí é de descoberta posterior a 1900. Em outras palavras, o desconhecimento sobre o que é matemática, do que faz um matemático profissional, é total. E não estou discutindo aqui a matemática usada por um matemático, mas a necessária para as profissões, de um modo geral.

O que está alimentando essa cultura antimatemática não são as dificuldades de sua compreensão, de seu entendimento – o que parece ser voz corrente (Dieudonné, 1990, p. 13), mas o processo de transmissão desse conhecimento. Ou seja, suas dificuldades envolvem as metodologias e as didáticas utilizadas para ensinar matemática ou, de modo mais abrangente, a própria educação matemática.

Além do mais, com a aceitação da solução do problema das quatro cores por técnicas computacionais, novas ferramentas de demonstração de teoremas (ou, pelos menos, indícios), foram se desenvolvendo, ainda que não plenamente aceitos ou absorvidos por matemáticos formados antes do aparecimento e proliferação dos computadores.

Mas qual será, então, a função da matemática? Hoje, com essas técnicas modernas de validação aceitas e com uma comunidade cada vez mais rápida no desenvolvimento do conhecimento e das informações, o trabalho de um indivíduo se valorizará quanto mais ele for capaz de interpretar, ou analisar, dados – e não de os obter, o que era mais importante há alguns anos. E a matemática, pela sua enorme capacidade de formular problemas em situações gerais – os seus modelos teóricos satisfatórios –, e não se limitando a estudo de casos particulares, presta-se adequadamente aos novos tempos.

Isto requer capacidade de abstração, de raciocínio lógico-dedutivo, de uma inteligência mais flexível. E, entre as ciências, a matemática é a que se mais ajusta para tanto, como bem preconiza (Granger Ferreira, 1994), quando discute “Os problemas de uma idade da ciência”. Acrescente-se que as próprias ferramentas (ou técnicas) desenvolvidas quando se estuda/apreende matemática já são fatores que ajudarão a construção desses modelos. Um cidadão com semelhante formação terá maior chance de ser bem-sucedido em seu campo profissional. E, a matemática, nesse nível, terá essa função.

A minha preocupação maior não é apenas com a formação do “matemático profissional”, mas, na qualidade de ainda professor de matemática, com a sua aprendizagem, com a sua epistemologia, com a sua desmistificação como ciência mateológica. Simone Weil, irmã do grande matemático André Weil, antes do aparecimento dos computadores, escreveu que “dinheiro, mecanização e álgebra, são os três monstros da civilização contemporânea” (Davis; Hersh, p. 15). Eis uma constatação – mais uma! – de uma crença geral com respeito à matemática.

Até meados do século passado, a gênese de novas matemáticas estava quase sempre ligada à necessidade de outras áreas do conhecimento humano, notadamente da física. Os modelos matemáticos e de matemática surgiam a partir de observações, de experimentos, do mundo real empírico. Nessa época, três fatos vieram mudar radicalmente essa postura e criar condições para o *boom* da matemática contemporânea:

- a predominância da escola de Hilbert nas controvérsias e discussões sobre os fundamentos da própria matemática. São três as grandes correntes: a escola “logicista”, encabeçada por Russel e Whitehead; a “formalista”, liderada por Hilbert; e a “intuicionista” (ou construtivista), defendida por Brouwer;
- a criação da Teoria dos Conjuntos por Cantor;
- a elaboração da Teoria da Medida por Lebesgue.

As junções desses três fatores permitiram que a matemática se desenvolvesse como ciência autônoma, sem ficar a reboque de outra.

Os modelos de matemática puderam, então, ser construídos segundo a linha do positivismo lógico de Carnap, ou seja:

dados um conjunto de fórmulas F em uma linguagem formal L , um modelo para esse conjunto de fórmulas seria uma determinação particular (ou distanciamentos) de um conjunto de objetos e sua atribuição de significados às variáveis e suas relações que aparecem nas fórmulas de F , de modo que todas elas se tornem proposições verdadeiras (Machado, 1989, p. 72).

Ou seja, de maneira bem simplista, estávamos retornando a Platão: as Formas Matemáticas existem, e cabe ao Homem encontrá-las; a verdadeira matemática transcende ao empírico; ou o teorema foi demonstrado, não cabendo a mim aplicá-lo. A Álgebra, por exemplo, dentro dessa linha de pensamento, por seu caráter particular de buscar características intrínsecas aos objetos, de buscar propriedades estruturais, de procurar “aritmetizar” os objetos, foi uma das áreas onde a escola formalista mais se exacerbou, mais se acentuou.

Existe coisa mais abstrata, mais formal, mais ‘platônica’ do que uma aula tradicional sobre a Teoria dos Grupos? Ou mesmo de Espaço Vetorial? Essas aulas são a síntese da apresentação de uma teoria formal. Ou seja, são apresentados os termos primitivos, as regras para a formação de fórmulas a partir desses termos, os axiomas/postulados, as regras de inferências para as deduções e, finalmente, os teoremas.

A maior concessão que um tal professor pode fazer é fornecer alguns exemplos que validem seu modelo, mas não com a intenção de ampliar a compreensão por parte dos alunos. O seu objetivo é puramente mostrar que o seu universo de discurso não é vazio, ou justificar o seu modelo de matemática.

E a questão do entendimento, da epistemologia, das inter-relações de sua teoria matemática com outras áreas, não é importante? Como é que fica? Isso não é necessário para a formação de um matemático, ou até mesmo para um usuário da matemática? O que tem a ver Álgebra com Geometria? E com Análise? E com Informática?

O que leva estudantes de computação, por exemplo, na sua formação acadêmica, a precisar desenvolver atividades em linguagens formais, em lógica matemática (necessitando, portanto, de noções de monoides e grupos), mas, ao mesmo tempo, acharem desnecessário – chegarem mesmo a refugar – um curso de introdução às estruturas algébricas?

Achamos que a questão, mais uma vez, não está na Matemática, e sim na maneira como se dá a transmissão desse conhecimento, nas sistematizações das escolas e universidades. O exagero – ou o extremismo –, na construção de uma teoria formal, em Álgebra, fez com que ela perdesse o seu atrativo. Fez com que não enxergássemos a beleza que existe em uma teoria de Galois ou em um tratamento algébrico para a Geometria.

Como diz Fraleigh em seu livro *A first course in Abstract Algebra*, “*Never underestimate a theorem which counts something*”. Eles dizem algo, sempre. Mas isso só poderá ser entendido se tiver significado, se tiver sentido (sentimento?) para o usuário. Não é

pela beleza estética, mas pelo entendimento, pela percepção, pela compreensão, pela necessidade de utilizar a ferramenta matemática, pela ligação com a realidade de cada um, que enxergaremos o que querem dizer os teoremas.

O profissional de hoje é mais valorizado quanto maior for sua capacidade de analisar um problema ou uma situação, equacioná-lo e apresentar-lhe uma solução satisfatória. E maior será essa sua habilitação quanto maior sua capacidade de trabalhar com situações particulares. Isto é, quanto mais ele for capaz de isolar as variáveis fundamentais e construir modelos satisfatórios para o problema.

Isso requer capacidade de abstração, de raciocínio lógico-dedutivo, de uma inteligência mais flexível. Além do mais, as próprias ferramentas (ou técnicas) desenvolvidas quando se estuda/apreende matemática já são fatores que ajudarão na construção desses modelos.

Qual o problema?

O problema surgiu pela angústia que se sentia (e sente-se, ainda) diante da situação atual do Ensino de Matemática e, em consequência disso, da necessidade de se buscar uma proposta de Educação Matemática em que se trabalhasse mais o raciocínio e a compreensão de processos do que o manejo de algoritmos e também de sentimentos de incompetência.

Observa-se que, em regra geral, a matemática é transmitida de forma autoritária, com predomínio de regras e algoritmos, impostos (ou “despejados”) pelo professor ao estudante que, passivamente, tal qual uma “esponja”, é obrigado a absorver e, o que é pior, a repetir esse conhecimento vida afora.

Ignora-se que o estudante passa por etapas distintas de aprendizagem, num crescer contínuo (mas não linear) até chegar à compreensão do conhecimento no estágio social em que se encontra atualmente. O professor prefere (e isso se deve à sua formação) “transmitir” ao aluno o conhecimento já formalizado (elaborado),

sistematizado, tal como a ciência o apresenta, desprezando as suas etapas de elaboração.

Acreditamos que o indivíduo reproduz ativamente os estágios que a humanidade percorreu para compreender os ensinamentos matemáticos, sem que, para isso, necessite dos mesmos milênios que a história consumiu para chegar ao momento atual. Assim, por exemplo, há necessidade de se construir a ideia de numeral para representar socialmente as quantidades, conservando esse numeral (podendo representar a mesma quantidade de diferentes formas, mas percebendo que a quantidade é a mesma), agrupando objetos de seu convívio (ou não) – pela necessidade de trabalhar com categorias para simplificar a representação da realidade, e, posteriormente (após a compreensão dos símbolos sociais – os signos –), poder operar (fazer diversas operações) com as quantidades, e, finalmente, recriar diferentes formas de quantificação, medição, etc. Da mesma forma, as noções iniciais de grupos ou anéis podem ser “atizadas” em um curso introdutório de teoria dos números, ou mesmo, teoria dos conjuntos.

Percebe-se, então, que esses são os passos que o conhecimento matemático percorreu ao longo de nossa história. Por isso, é importante que o professor de matemática conheça tais etapas, conheça as necessidades mentais e sociais que levaram o homem a produzir esses conhecimentos e utilizá-los em sala de aula, para que seus estudantes possam reconstruir (à sua maneira e, dessa vez, convivendo com uma realidade diferente) seus conhecimentos e utilizá-los (já atualizados) no meio em que vivem.

Dessa forma, procuramos trabalhar com os estágios mentais de desenvolvimento propostos por Piaget e atualizados (ou enriquecidos) por Vygotsky, Wallon, Ferreiro, Garcia, Van Hiele e outros, e com o desenvolvimento (gênese e evolução) do conhecimento matemático. Consideramos que, inicialmente, o estudante necessita compreender que, para se relacionar com o mundo, precisa classificar os objetos, formar grupos ou classes de equivalências de conjuntos a partir de critérios pré-estabelecidos para simplificar

suas representações mentais e sociais. Em seguida, tentará modelar, com ferramentas adequadas (e aqui compreender bem o papel da Matemática), esses objetos, buscando o seguinte:

- estabelecer relações, de início abrangentes, para, gradativamente, confrontar semelhanças e sofisticar a sua representação para a noção exata do objeto observado;
- trabalhar outras formas de relações, a partir da ampliação e adequação das suas necessidades, experienciando situações que desenvolvam esse raciocínio e que provoquem o desenvolvimento de modelos cada vez mais sofisticados e exatos (próximos da realidade observada);
- ampliar o conhecimento, à medida que se ampliam as possibilidades de alunos e professores atuarem no meio social, vivenciando situações desafiadoras, elaborando e reelaborando hipóteses de acordo com a evolução dos estágios de desenvolvimento cognitivo.

Nessa proposta, o professor tem papel fundamental no desenvolvimento da aprendizagem do aluno, na medida em que souber planejar, refletir, decidir e escolher situações desafiadoras para o seu grupo de estudantes e para cada um em particular. Ao mesmo tempo em que aprende com cada estudante, devem ser previstas (ou imaginadas) soluções (ou estratégias) que eles poderão desenvolver, procurando criar outras possibilidades de conflito e de solução.

Assim, professores e alunos vão (se) construindo (elaborando), com seus próprios mecanismos de pensamento, os conhecimentos institucionalizados culturalmente. A nossa proposta tem por objetivo inicial questionar a maneira pela qual os professores “ensinam” matemática: em geral, há apenas o “fazer contas”, “re-citar receitas”, isto é, a aprendizagem se dá através de automatismos (que, com o desuso, são esquecidos); ignora-se que todo o esforço deve ocorrer no sentido da compreensão dos mecanismos mentais necessários às operações.

Há, em nossas escolas, uma concepção de que a Matemática seja exclusivamente constituída por um conjunto de técnicas... A

consequência disso é que o ensino dessa ciência se volta apenas para a transmissão de tais técnicas, repassadas ao estudante de forma mecânica, precoce e sem criticidade. Além disso, perpassa nos meios matemáticos uma rigidez de raciocínio: aceita-se apenas um tipo de resolução como sendo o correto e ao qual o aluno deve se submeter sem modificá-lo.

Ora, o hábito não faz a inteligência (que não é prática, muito ao contrário; faz rodeios para chegar aos mesmos objetivos). Assim, o professor não deveria se preocupar em saber se o estudante é capaz de encontrar, automaticamente, o resultado de uma dada questão, mas se ele é capaz de conseguir esse resultado por processos diferentes: o automatismo acontecerá após o encontro da forma mais simplificante (e eficiente?).

Por isto, esta proposta objetiva procurar desenvolver uma Educação Matemática que alia conteúdo e metodologia em “dosa-gens” adequadas e necessárias, envolvendo a reconstrução pessoal de conhecimentos sociais.

Propomos, então, analisar os conteúdos matemáticos (seus fundamentos teóricos e práticos), aliados à teoria psicogenética de desenvolvimento cognitivo sócio-interacionista (para compreender as lógicas dos estudantes, a história da matemática em seu processo criativo (e não o simples relato de fatos históricos) e a metodologia e didática que o professor poderá utilizar.

REFERÊNCIAS

BORGES NETO, H. *Uma proposta lógico-dedutiva-constructiva para o ensino de Matemática*. 2016. Tese (Apresentada para o cargo de professor titular) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016. Disponível em: http://blogs.multimeios.ufc.br/sitemmproducaocientifica/?smd_process_download=1&download_id=2145. Acesso em: 26 maio 2025.

DAVIS, Philip J.; HERSH, R. *A experiência matemática*. 3. ed. Rio de Janeiro: F. Alves, 1986.

DAVIS, Philip J.; HERSH, R. *O sonho de Descartes: o mundo de acordo com a matemática*. Rio de Janeiro: F. Alves, 1988.

DIEUDONNÉ, J. *A formação da matemática contemporânea*. Lisboa: D. Quixote, 1990.

GRANGER, G.-G.; FERREIRA, R. L. *A ciência e as ciências*. São Paulo: Unesp, 1994.

MACHADO, N. J. *Matemática e realidade*. 2. ed. São Paulo: Cortez: 1989.

PARTE 1

O QUE É A SEQUÊNCIA FEDATHI?

SEQUÊNCIA FEDATHI

APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO

Maria José Araújo Souza

Introdução

No intuito de melhorar o ensino de Matemática, profissionais ligados a essa área têm dedicado esforços para alcançarem maior compreensão sobre as problemáticas que envolvem o tema, bem como os caminhos para superá-las. Essa busca se torna evidente no crescente número de eventos acadêmicos e publicações científicas produzidos nos últimos anos acerca da educação matemática.

Envolvidos nesse contexto, como professores e pesquisadores, vimos desenvolvendo estudos sobre o ensino da matemática, explorando, de modo específico, a Sequência Fedathi, desde nosso trabalho de mestrado, culminando com o aporte ora apresentado, extraído de nossa tese de doutorado.

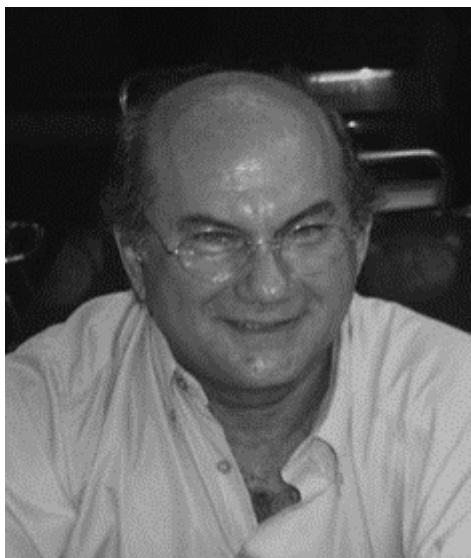
A pesquisa é resultante dos levantamentos que realizamos acerca de trabalhos já desenvolvidos sobre a Sequência Fedathi e, principalmente, das aplicações que vimos fazendo com a Sequência junto às disciplinas de Novas Tecnologias no Ensino da Matemática, Estágio e Prática de Ensino na Licenciatura em Matemática. Nessas explorações, procuramos sempre observar e descrever elementos da

Sequência que consideramos importantes e de grande contribuição para o ensino de matemática.

Objetivamos com este trabalho explicitar e descrever elementos da Sequência Fedathi, de forma que possam contribuir para uma melhor compreensão dessa proposta de ensino e, consequentemente, para sua aplicação e aperfeiçoamento teórico junto a novos experimentos voltados para o ensino da matemática.

Origem da Sequência Fedathi

Para iniciar a apresentação da Sequência Fedathi, sentimos a necessidade de falar sobre seu autor e seu significado. Iniciamos então o trabalho com alguns dados acerca do professor Hermínio Borges – matemático e pesquisador da área de educação matemática da Universidade Federal do Ceará – UFC, ao qual muito se deve em relação aos trabalhos desenvolvidos acerca do ensino da matemática no Ceará.



Prof. Hermínio Borges Neto

Precursor dos Estudos e Pesquisas em Didática da Matemática no Ceará

Hermínio Borges Neto nasceu em Fortaleza-Ceará, em 8 de abril de 1948. Filho de oficial aviador da Força Aérea Brasileira e de uma professora, ficou órfão de pai com menos de dois anos de idade, em consequência de um desastre aéreo. cursou os estudos da Educação Básica no Colégio Militar de Fortaleza, concluindo-os em 1966, quando foi selecionado para seguir carreira militar e optou por graduar-se em Matemática, concluindo o bacharelado em 1970 pela Universidade Federal do Ceará-UFC. Lecionou Matemática e Física no Colégio Estadual Arminda de Araújo, em Fortaleza. Em 1971, foi aprovado em concurso público para professor do Departamento de Matemática da UFC, permanecendo até 1996. Junto ao Departamento, iniciou sua carreira de pesquisador do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico – CNPq. Em 1972, casou-se com Suzana Capelo, psicóloga e professora universitária, com quem teve três filhos: Felipe, Daniel e Thiago, cujos nomes inspiraram a denominação para o ensino de Matemática, chamada “Sequência FEDATHI”, a partir da sílaba inicial do nome de cada filho. Concluiu mestrado na UFC em 1973 e Doutorado em Matemática pelo IMPA em 1979. Em 1996, realizou Pós-Doutorado na Université de Paris VII – Université Denis Diderot, U.P. VII, França, na área de Ensino de Matemática, formalizando, a partir daí, a “Sequência Fedathi”. Desde 1997, é professor adjunto concursado da Faculdade de Educação – UFC, na qual fundou e coordena o Laboratório de Pesquisa Multimeios e o Grupo de Pesquisa Fedathi. Recebeu 2(dois) prêmios em 2004 por Projetos ligados ao Ensino de Matemática e Inclusão Digital. Seus trabalhos centralizam-se nas áreas de Ensino de Matemática e Tecnologias Digitais na Educação. O professor Hermínio Borges oficializou, no Ceará, os estudos e pesquisas na área de Educação Matemática por meio do Programa de Pós-Graduação da Faced-UFC, formando profissionais, realizando pesquisas, propondo parcerias com outras instituições educacionais, orientando trabalhos e projetos na área de educação matemática, trajetória que, sem dúvida, lhe confere o *status* de Precursor da Didática da Matemática no Ceará.

Fonte: A biografia foi por nós estruturada, com dados obtidos do Currículo Lattes, informações obtidas de amigos do professor Hermínio, por ele confirmadas e complementadas.

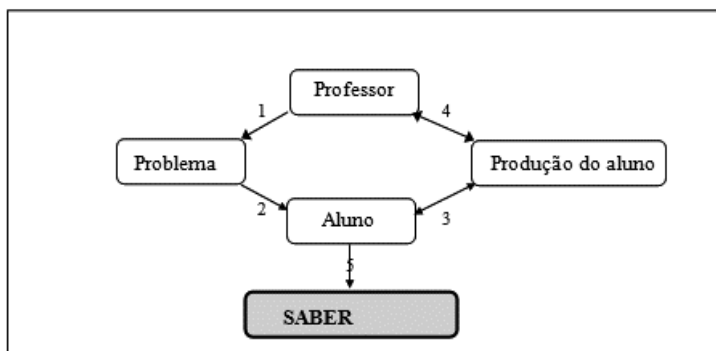
Etapas da Sequência Fedathi

Segundo Borges Neto, a Sequência Fedathi propõe que, ao deparar um problema novo, o aluno deve reproduzir os passos que um matemático realiza quando se debruça sobre seus ensaios: abordar os dados da questão, experimentar vários caminhos que possam levar a solução, analisar possíveis erros, buscar conhecimentos para constituir a solução, testar os resultados para saber se errou e, finalmente, onde errou, corrigir-se e montar um modelo.

Tomando como referência as etapas do trabalho científico do matemático, a Sequência Fedathi foi composta por quatro etapas sequenciais e interdependentes, assim denominadas: Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova. Para Borges Neto e Dias (1999), o aluno reproduz ativamente os estádios que a humanidade percorreu para compreender os ensinamentos matemáticos, sem que, para isso, necessite dos mesmos milênios que a história consumiu para chegar ao momento atual.

Entendemos que a importância da reprodução desse ambiente na sala de aula ocorra pelo fato de ele possibilitar ao aluno a elaboração significativa de conceitos, mediante a solução de problemas, cujas produções serão o objeto sobre o qual o professor vai conduzir a mediação, a fim de levá-lo a constituir o conhecimento em jogo; nesse processo, o docente deve levar em conta as experiências vivenciadas pelos alunos e seus conhecimentos anteriores acerca das atividades desenvolvidas. Apresentamos, na Figura 1, uma síntese da relação professor-saber-aluno na formulação de um conhecimento em Fedathi.

Figura 1 – Relação professor-aluno-saber na Sequência de Fedathi



Fonte: Borges Neto *et al.* (2021).

De acordo com o esquema proposto na Figura 1, o ensino é iniciado pelo professor, que deverá selecionar um problema relacionado ao conhecimento que pretende ensinar, podendo também ter, como ponto de partida, uma situação proposta pelo aluno (1); a seguir, o professor deverá apresentar o problema aos alunos por intermédio de uma linguagem adequada (2); com o problema apresentado, os alunos irão explorá-lo na busca de uma solução (3); a solução encontrada deverá ser analisada pelo professor junto ao grupo (4). Os passos 3 e 4 ocorrerão a partir do debate acerca da solução, visando à formulação do saber pelo aluno (5). Esse momento corresponde à mediação entre professor-saber-aluno.

Apresentamos a Sequência Fedathi, de forma mais detalhada, em que ressaltamos categorias citadas pela primeira vez neste trabalho.

1^a – Tomada de posição: apresentação do problema

Nessa etapa, o professor exhibe o problema para o aluno, partindo de uma situação generalizável, ou seja, de uma circunstância possível de ser abstraída de seu contexto particular, para um modelo matemático genérico.

A situação-problema deve ter relação com o conhecimento a ser ensinado e deverá ser apreendida pelo aluno ao final do processo; é importante que o problema tenha como um dos meios de resolução a aplicação do saber em jogo. A abordagem do problema poderá ser feita de variadas formas, seja mediada por uma situação-problema escrita ou verbal; um jogo; uma pergunta; a manipulação de material concreto; experimentações em algum *software*, podendo os alunos trabalharem sobre o problema de maneira individual e/ou em grupo.

Antes de apresentar o problema, o docente há de realizar um diagnóstico acerca dos pré-requisitos que os alunos necessitam ter referentes ao saber que pretende ensinar. O professor será um investigador de sua sala de aula, buscando reconhecer os pontos fortes e fracos de seus alunos. Nesse sentido, destacamos que o diagnóstico pode ser realizado por meio de dois momentos. No primeiro, o professor define quais conhecimentos prévios os alunos devem ter para a apreensão do novo conhecimento, enquanto, no segundo, procede a uma investigação junto aos alunos a fim de averiguar se os estudantes são detentores desses conceitos. O diagnóstico dos resultados obtidos é determinante para a organização e processamento das realizações didáticas do professor.

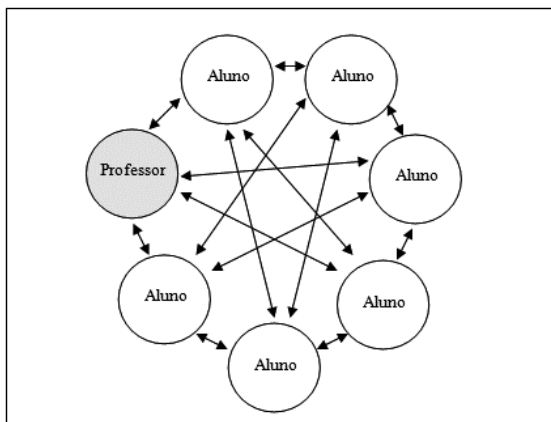
Após o diagnóstico, o professor iniciará seu trabalho docente tendo consciência do nível de seus alunos e deverá planejar-se de acordo com essa realidade. Para começar sua proposta de ensino junto ao grupo, deverá fazer uma contextualização inicial acerca do problema a ser trabalhado, a fim de situar os alunos sobre o universo matemático que será explorado. Para tanto, será necessário apresentar informações matemáticas iniciais, acerca do(s) conceito(s) relacionados ao problema e, a partir daí, envolver a classe com o trabalho matemático que irão executar.

Na tomada de posição, o professor deverá estabelecer regras para nortear o trabalho dos alunos. Essas regras compreendem as realizações esperadas ante o problema proposto, como as interações desejadas entre alunos e professor, propiciando o desenvolvimento do trabalho interativo, integrando-se ao grupo, a fim de estabelecer uma *interação multilateral* (Bordanave, 1983), ou seja, aquela em

que o professor, apesar de ser o detentor do conhecimento a ser aprendido pelos alunos, insere-se no grupo com as funções de refletir, ouvir, indagar e levantar hipóteses acerca deste conhecimento, bem como suscitar esses questionamentos entre os alunos.

A interação multilateral é um sério desafio para professores e alunos acostumados ao ensino tradicional, pois, se, por um lado, os alunos participam e problematizam o saber em jogo, o hábito de receber do professor saberes previamente elaborados pode levá-los a conceber os questionamentos, discussões e debates como uma perda de tempo. Inicialmente, o professor também ficará se indagando em relação a algumas questões como: – *De que modo as discussões ajudarão na estruturação e feitura dos conceitos?* – *Como resolver o problema da eventual indisciplina que venha surgir neste ambiente de liberdade?* – *O trabalho em grupo não tomará tempo excessivo para estudar um tema que mediante uma boa exposição oral seria coberto na metade do tempo?* Essas e outras indagações vão sendo respondidas à proporção que o professor se apropria da teoria e de sua aplicação como uma nova metodologia de trabalho. O planejamento será uma condição *sine qua non* para que se consiga produzir os resultados esperados nas próximas etapas da Sequência.

Figura 2 – Interação multilateral entre professor e alunos



Fonte: Bordanave (1983).

A Figura 2 mostra como se relacionam professor e alunos na interação multilateral. Nesse momento, o debate deixa de ser centrado no professor, e a participação de todos passa a ter o mesmo *status* e importância durante a discussão.

Para ampliar a compreensão dos alunos, é importante que o professor adote uma linguagem acessível, sem deixar de lado as especificidades da comunicação matemática. Para alcançar seus objetivos de ensino, é tarefa docente preparar o ambiente, conquistar, orientar e preparar os alunos. Desse modo, reforçamos, mais uma vez, a importância do planejamento como um grande aliado para conduzir a gestão das aulas, que necessitarão ter flexibilidade para possíveis adaptações, a fim de garantir a participação da classe como um todo, de vez que o professor deve tentar elevar os alunos para o mesmo nível de conhecer.

2^a – Maturação: compreensão e identificação das variáveis envolvidas no problema

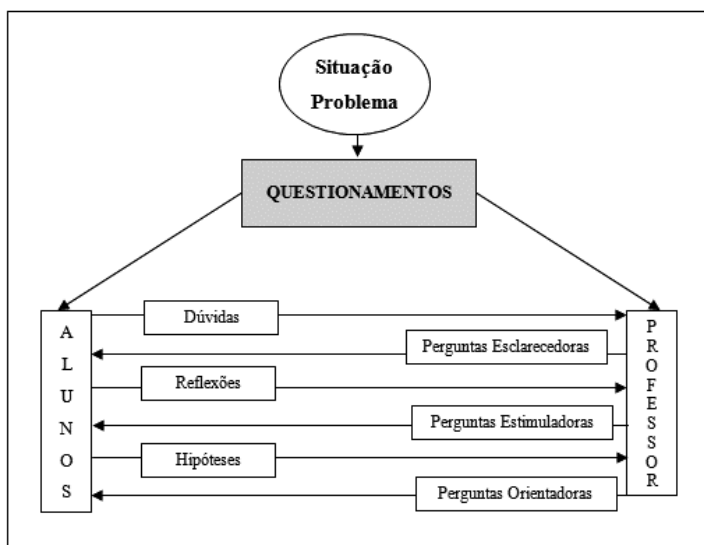
Esta etapa é destinada à discussão entre o professor e os alunos a respeito da situação-problema apresentada; os alunos devem buscar compreender o problema e tentar identificar os possíveis caminhos que levem a uma solução. Feitas suas interpretações, deverão identificar quais os dados contidos no problema, qual a relação entre eles e o que está sendo solicitado pela atividade.

Na segunda etapa, destacamos que um dos momentos de grande relevância na formulação do raciocínio matemático são os *questionamentos*, pois, além de promoverem o desenvolvimento intelectual dos alunos, proporcionam ao professor o *feedback* necessário para certificar se estes o estão acompanhando no desenvolvimento dos conteúdos ensinados. Os questionamentos podem surgir dos alunos ou ser propostos pelo professor, de formas variadas. Em sua maioria, surgem por parte dos alunos no momento em que se debruçam sobre os dados do problema, originando-se, a partir daí, as

reflexões, hipóteses e formulações, na busca de caminhos que conduzam à solução do problema. Os questionamentos também podem partir do professor por meio de perguntas estimuladoras, esclarecedoras e orientadoras.

Os questionamentos afloram de maneira natural entre os alunos, seja nas atividades individuais ou em grupo. Na busca de se certificarem em relação às hipóteses levantadas, os alunos buscam o professor para validar o caminho que estão começando a percorrer. Este, por sua vez, deve aproveitar o momento dos questionamentos para potencializar e conduzir o desenvolvimento do raciocínio dos alunos, apropriando-se desse momento para também fazer perguntas com diferentes objetivos, conforme estruturamos e apresentamos na Figura 3, a qual sintetiza alguns tipos de questionamentos que podem surgir durante a maturação do problema; logo a seguir, os questionamentos serão exemplificados, com frases comuns às aulas de matemática.

Figura 3 – Tipos de questionamentos em relação à Situação-Problema



Fonte: Elaborada pelos autores.

Questionamentos dos alunos

Dúvidas: manifestam-se por parte dos alunos, geralmente no início da resolução, sobre a forma de representação da resposta ou os conceitos aplicáveis à resolução do problema, ou mesmo chega a ser solicitado ao professor o caminho inicial da resolução ou a resolução de um problema similar. Exemplos:

- *Professor, eu posso resolver fazendo um desenho ou preciso usar fórmula?*
- *Professor, o problema pode ser resolvido usando a propriedade do ponto médio ou o senhor quer que faça de outro jeito?*
- *Professor, o senhor nunca passou um problema igual a este. Dá para resolver uma questão parecida?*
- *Professor, qual é a operação que eu uso para resolver este problema?*

Indagações desse tipo são muito comuns quando os alunos começam a buscar os caminhos que solucionem o problema. Para respondê-las, é preciso que o docente adote respostas por meio da postura, denominada por Borges Neto *et al* (2001), de *mão-no-bolso*, ou seja, o professor induz o aluno a pensar sobre a resposta, sem apresentar-lhe uma resposta direta sobre o questionamento. Exemplos:

- *Releia o problema com atenção e veja o que ele está solicitando;*
- *O seu desenho ajuda a chegar à resposta?*
- *Veja em seu caderno se já resolvemos alguma questão parecida;*
- *Por que utilizou este conceito na resolução?*
- *É isto mesmo que o problema está procurando?*

Reflexões: as reflexões, na maioria das vezes, surgem quando os alunos já conseguiram elaborar algum tipo de solução e passam a indagar-se se ela está correta, se atende às condições propostas pelo problema, se existem outras formas de resolver a questão. Exemplos:

- *Professor, me diga se esta resposta está certa;*
- *Professor, resolvi do meu jeito. Era assim mesmo?*
- *Professor, existe outra forma de resolver o problema?*

Hipóteses: as hipóteses aparecem quando os alunos buscam os caminhos para constatar ou testar se suas respostas estão realmente corretas. Essas tentativas geralmente são feitas por intermédio da própria linguagem matemática ou de uma explicação, seja ela oral ou escrita em linguagem comum. Exemplos:

- *Professor, como faço para verificar se minha resposta está certa?*
- *Professor, medi os lados e eram todos iguais e os ângulos mediram 90° . Então, está correto, não é?*
- *Professor, substituí o número e deu certo. Minha resposta está certa?*

Questionamentos dos professores

Perguntas esclarecedoras: são as que têm por objetivo verificar o que e como os alunos estão entendendo o que está sendo apresentado, levando-os a reformularem o que estão aprendendo e a relacionar o assunto atual com outro já tratado; sua principal função é proporcionar *feedback* ao professor. Exemplos:

- *O que o problema está pedindo? Qual sua pergunta principal?*
- *Será que todo quadrilátero é quadrado?*
- *Quem se lembra das propriedades de soma das potências, estudadas na semana passada?*
- *Vocês ainda se recordam de alguma propriedade das construções geométricas?*

Perguntas estimuladoras: têm como objetivo levar o aluno a fazer descobertas. Devem estimular o pensamento criativo, podendo

suscitar uma cadeia de outros questionamentos, com suporte a partir de uma primeira pergunta, a fim de se conduzir a uma determinada conclusão. Exemplos:

- *Será que todo quadrado é um losango?*
- *Quais as propriedades do quadrado? E do losango?*
- *Como podemos representar geometricamente o Teorema de Pitágoras?*
- *Por que o sinal apareceu negativo do outro lado da igualdade?*

Perguntas orientadoras: são aquelas que permitem ao professor levar o aluno a tentar estabelecer compreensões e relações entre o problema e o caminho a seguir para chegar à solução. Exemplos:

- *Será que o problema pode ser resolvido por meio da Aritmética?*
- *Será que fazer uma tabela com os dados do problema pode ajudar na solução?*
- *Aí vocês me perguntam: professor, e se eu fizesse assim... daria certo?* (aqui um estilo típico de pergunta de alguns professores, quando os alunos têm dificuldade de manifestar seus questionamentos).

Conforme vimos há pouco, os questionamentos serão fundamentais para os alunos organizarem o pensamento e levantarem suas hipóteses, análises e reflexões acerca da solução. As perguntas e questionamentos do professor terão também papel essencial na orientação do raciocínio dos estudantes.

Durante a *maturação* do problema, o professor deve estar atento aos alunos, observando e acompanhando seus comportamentos, interesses, medos, atitudes, raciocínios, opiniões e estratégias aplicadas na análise e busca da solução da atividade, bem como suas interpretações e modos de pensar, a fim de perceber quando e como mediar o trabalho que os alunos estão desenvolvendo.

O trabalho do aluno na fase da Maturação é imprescindível para o desenvolvimento de seu raciocínio e da aprendizagem final.

Sem essa participação, eles absorverão apenas informações temporárias e passageiras, tendo, conseqüentemente, uma aprendizagem superficial e volátil. Alguns professores consideram as discussões como perda de tempo e atraso no cumprimento de seus planos de aula. No entanto, de nada adianta correr com a apresentação dos conteúdos, quando a aprendizagem da maioria dos alunos não foi desenvolvida. A maturação do problema requer um tempo significativo da aula para o trabalho dos alunos em relação ao problema. Apesar de possuírem ritmos diferentes no desenvolvimento de suas atividades, o professor deverá tentar ajustar a duração desse tempo, de acordo com o tipo de problema estudado, ao rendimento dos alunos em relação à exploração do problema e ao que pretende realizar no tempo total da aula.

3ª – Solução: representação e organização de esquemas/modelos que visem à solução do problema

Nesta etapa, os alunos deverão organizar e apresentar modelos que possam conduzi-los a encontrar o que está sendo solicitado pelo problema; esses modelos podem ser escritos em linguagem escrita/matemática, ou simplesmente por intermédio de desenhos, gráficos, esquemas e até mesmo de verbalizações.

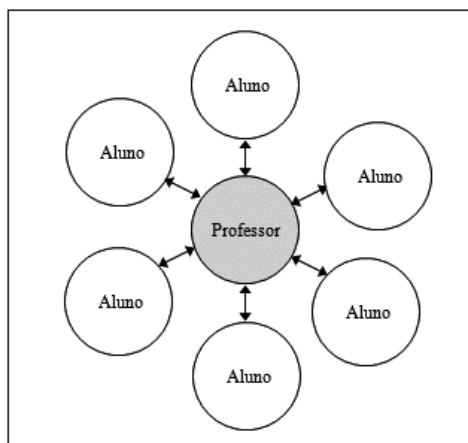
É importante que, durante a realização desta etapa, aconteça a troca de ideias, opiniões e discussões dos pontos de vista e modelos propostos entre os alunos. O professor deverá estimular e solicitar que estudantes expliquem seus modelos e justifiquem a escolha de determinados caminhos, indagando-lhes sobre a completude dos modelos criados, ou seja, se eles abrangem todas as variáveis do problema e se são suficientes para encaminhá-los à resposta procurada. Neste momento, faz-se necessário dar tempo aos alunos para que pensem e reflitam acerca dessas realizações, avaliem suas respostas, por meio de ensaios, erros e tentativas, para, junto ao professor, validar os modelos criados. Esse é um importante momento para que

os alunos exercitem a autonomia e percebam a importância da participação de cada um na elaboração de sua aprendizagem.

Na feitura da solução, é imprescindível que o professor analise junto aos alunos as diferentes formas de representação por eles apresentadas, para, com apoio nelas, buscar a constituição do novo conceito matemático implicado.

Na montagem do modelo por parte dos alunos, o professor tem papel fundamental como mediador, pois deverá discutir com o grupo as resoluções encontradas, a fim de juntos concluírem qual delas é mais adequada para representar e responder o problema proposto. É essencial que, nessas discussões, fique claro para o grupo quais são as lacunas e falhas dos modelos que não satisfizeram a solução. O *status* de atuação do professor durante o debate e a discussão da solução ocorre, então, mediante **interações bilaterais**, ou seja, o professor, em razão de ser o detentor do conhecimento, fica à frente da organização, discussão e análise das soluções, para conduzir a elaboração e apresentação da solução definitiva, e, consequentemente, do saber em jogo.

Figura 4 – Interação bilateral entre professor e alunos durante a discussão e análise das soluções



Fonte: Bordanave (1983).

É importante que o professor motive os alunos a buscarem algumas formas de verificação dos resultados. A refutação dos modelos inadequados poderá ser realizada mediante verificações e contraexemplos. O professor deverá mostrar para os alunos que a solução ideal deve satisfazer não só o problema em questão ou somente determinadas situações, mas sim o número maior possível de situações que necessitem desse conhecimento com vistas a sua resolução. Assim, é interessante que se apresentem situações-problema diferentes da inicial para mostrar a limitação de modelos específicos, na resolução.

É normal que, nesse estágio, apenas alguns alunos, os mais afeitos à Matemática, cheguem a respostas corretas, mediante soluções variadas, utilizando muitas vezes modelos matemáticos incompletos em relação ao que se pretende ensinar, isto porque, se o objetivo da sequência é formular um conhecimento novo para o aluno, dificilmente este já fará uso de tal saber, pois este, na maioria das situações, em sua forma científica, ainda é desconhecido pelo grupo, e será nesse momento que o professor começará a delineá-lo para apresentação na etapa da prova.

Destacamos nesta fase a importância da discussão das soluções, para o aluno perceber as diferentes compreensões e representações do grupo em relação aos problemas matemáticos. O trabalho do professor, na identificação, interpretação e discussão das soluções e erros apresentados pelos alunos, é um momento determinante no estabelecimento da aprendizagem matemática, por possibilitar aos alunos a visualização e reflexão das várias soluções apresentadas pelo grupo e a validação de cada uma delas. *A análise das soluções e seus possíveis erros permite ao aluno conhecer as diferentes formas de interpretação das questões trabalhadas, tornando-os conscientes da resolução correta, além de ajudar a não reincidirem em raciocínios equivocados na resolução de questões semelhantes, é também um momento decisivo para compreenderem e desenvolverem raciocínios matematicamente corretos.*

Podemos dizer que grande parte das dificuldades enfrentadas pelos alunos decorre do fato de as representações e lógicas constituídas em suas soluções não serem valorizadas e exploradas junto ao grupo e ao professor.

No que concerne à atuação do professor na etapa de solução, frisamos que a **competência didático-matemática** docente é fundamental para a interpretação e discussão das representações dos alunos, para levá-los à constituição do novo saber. Essa competência resulta da formação do professor desde os conhecimentos inicialmente adquiridos na educação básica, até os saberes consolidados na educação superior pela formação inicial e continuada, experimentação e aperfeiçoamento de tais saberes por intermédio do exercício da docência e da pesquisa. A competência didático-matemática é, nesse contexto, definida como *o conjunto dos conhecimentos matemáticos e didáticos incorporados pelo professor e sua habilidade em acioná-los de forma conjunta durante as etapas do ensino, de modo a atingir os objetivos previamente definidos, em relação aos saberes matemáticos a serem construídos pelos alunos*.

É imprescindível que o professor seja detentor de uma base sólida acerca dos conceitos matemáticos que vai ensinar, como também de outros conceitos matemáticos a ele interligados. Paralelamente ao domínio matemático, o professor precisa dominar e aplicar em suas aulas elementos da Didática Geral e da Didática da Matemática, desde o planejamento, desenvolvimento e avaliação de todo o processo de ensino. Esses domínios são determinantes para a atenção, a compreensão e a participação dos alunos na estruturação das soluções, bem como na motivação para participarem de forma ativa de toda aula.

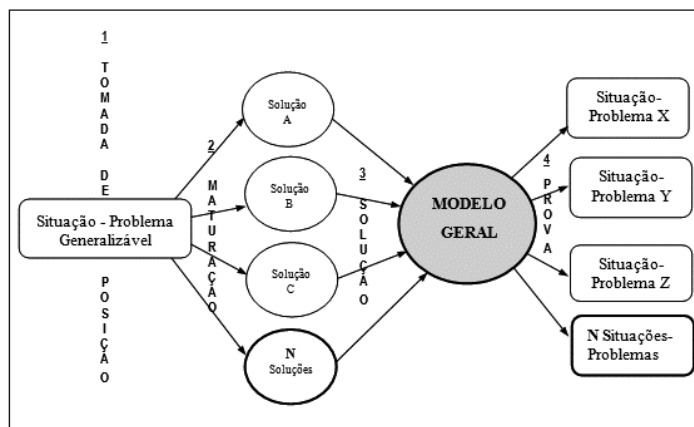
4^a – Prova: apresentação e formalização do modelo matemático a ser ensinado

Após as discussões realizadas a respeito das soluções dos alunos, o professor deverá apresentar o novo conhecimento como meio prático e otimizado para conduzir à resposta do problema. Nesta fase, a didática do professor será determinante para aquisição do conhecimento por parte dos alunos, pois, além de ter que manter a atenção e motivação do grupo, o professor precisará fazer uma conexão entre os modelos apresentados e o modelo matemático científico a ser apreendido; deverá introduzir o novo saber mediante sua notação simbólica em linguagem matemática, com as novas regras inerentes a esse conhecimento. É nesta etapa final que o novo saber deverá ser compreendido e assimilado pelo aluno, levando-o a perceber que, com base neste, será possível deduzir outros modelos simples e específicos. É importante que o aluno perceba a importância de se trabalhar com modelos gerais, pois estes irão instrumentalizá-lo para a resolução de outros problemas e situações, contribuindo também para o desenvolvimento de seu raciocínio lógico-dedutivo, tipo de pensamento desejado e necessário para resolver, de maneira eficiente e lógica, problemas matemáticos do dia a dia, além de ser o tipo de raciocínio relevante para o desenvolvimento científico.

Na Sequência Fedathi, a Prova constitui a finalização do processo, levando o aluno a elaborar o *modelo geral* do conhecimento em jogo. Podemos dizer que *o modelo geral se refere ao conceito final, representação genérica ou fórmula a ser apreendido pelo aluno, a qual será um objeto de conhecimento tanto para a resolução do problema em questão, como para sua aplicação na resolução de outras situações-problema.*

Estruturamos a Figura 5, mostrando o desenvolvimento da Sequência Fedathi, desde a *Tomada de Posição*, até a última etapa, a *Prova*.

Figura 5 – Desenvolvimento da Sequência Fedathi



Fonte: Elaborada pelos autores.

Até chegar à etapa final da Sequência Fedathi – *Prova*, o estudante já deve ter vivenciado as três fases anteriores, para que possa ter a clara compreensão acerca do desenvolvimento da prova. Na Figura 5, podemos ter uma visão mais ampla da situação como um todo, observando que foi percorrido o seguinte caminho: (1) o professor apresenta a situação-problema generalizável; (2) os alunos se debruçam sobre a questão na busca de uma solução; (3) Professor e alunos discutem as n-soluções apresentadas, quando o professor identifica os erros e acertos para o encaminhamento da solução final; (4) Após as soluções discutidas, o professor exibirá a solução correta, enfatizando o conhecimento que planejou ensinar. Nesta fase, os alunos passam a conhecer o modelo geral (formal), aplicável à resolução desta e de outras situações-problema. O professor apresentará o novo conhecimento, suas propriedades e formas de verificação, enfatizando para os alunos a importância da aquisição dos modelos gerais da

Matemática por instrumentalizá-los para a resolução de **n** situações-problema e por potencializar para eles o desenvolvimento do raciocínio matemático.

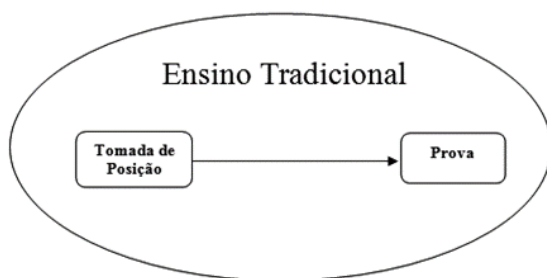
A avaliação da aprendizagem do aluno deve ser realizada nesta última etapa, podendo ser realizada por vários meios (exercícios orais, escritos, no computador, jogos etc.), desde que estes permitam ao professor verificar se realmente houve a apreensão do modelo geral pelos alunos.

A Sequência Fedathi e o ensino tradicional

A Sequência Fedathi é uma teoria nova, tendo sido apresentada formalmente em 1996, na Tese de Pós-Doutorado do Prof. Dr. Hermínio Borges Neto, da UFC, na Universidade de Paris VI. Desde sua apresentação formal, a referida Sequência vem sendo experimentada e aperfeiçoada com base nos estudos de Borges Neto, junto ao Grupo Fedathi – Faced/UFC.

Borges Neto ressalta que uma das características importantes na aplicação da Sequência Fedathi é a realização, de forma sequencial, de todas as suas etapas, afirmando que só assim se podem produzir os resultados esperados na aprendizagem. O autor é crítico em relação ao modelo do ensino tradicional, por centralizar-se apenas em duas das etapas da Sequência, a *tomada de posição* e a *prova*, conforme mostramos na Figura 6.

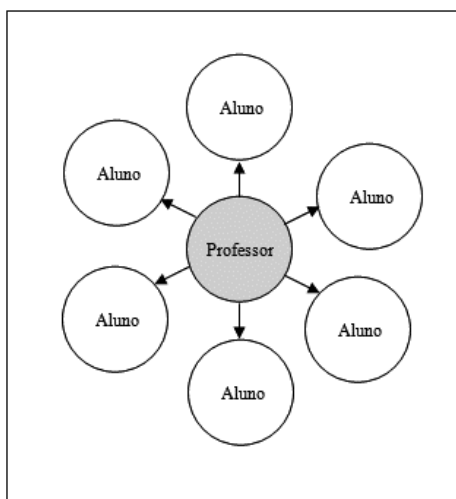
Figura 6 – Etapas de desenvolvimento do ensino tradicional



Fonte: Elaborada pelos autores.

No modelo de ensino tradicional, observa-se grande lacuna em relação à participação dos alunos na elaboração do conhecimento, diminuindo consideravelmente a chance de estes desenvolverem suas capacidades de compreensão, interpretação, dedução e o próprio raciocínio matemático. Em consequência desse estilo de ensino, grande parte do trabalho nas aulas é realizado apenas pelo professor, prevalecendo o modelo de comunicação unilateral (Figura 7), ou seja, do professor para os alunos.

Figura 7 – Ensino tradicional – Interação unilateral do professor com os alunos



Fonte: Bordanave (1983).

O ensino tradicional, além de sobrecarregar o professor antes, durante e depois das aulas, subtrai do aluno a possibilidade de participar e contribuir com o desenvolvimento de sua aprendizagem e dos outros alunos, pois, ao ficar na condição de “mero espectador”, deixará de expor suas dúvidas, reflexões e hipóteses, as quais poderiam ser de grande valia para todo grupo, no decorrer do assunto estudado.

A Sequência Fedathi busca diferenciar-se positivamente em relação ao ensino tradicional, valorizando igualmente as ações do professor e do aluno durante o ensino. Além dessa valorização, ela quebra o mito, que ainda persiste na cabeça de muitos alunos, de que seus professores de matemática são verdadeiros gênios, com capacidades extremas e com um nível de conhecimento que eles jamais alcançarão, justificando, com essa ideia, que não aprendem Matemática por ela ser uma disciplina para poucos, por possuírem capacidade intelectual inferior, pela falta de base de conhecimentos anteriores, gerando em si sentimentos de baixa autoestima em relação à disciplina e à capacidade de aprender, deixando marcas negativas em sua aprendizagem, muitas das quais perdurarão por sua vida inteira.

Paralelamente a essa visão de muitos alunos, alguns professores, com formações deficitárias, deixam muito a desejar em sua atuação docente, e pouco ou nada fazem para melhorá-la. Aproveitam-se desse modo de ver dos alunos para esconder seus medos, falhas formativas, dificuldades e acomodação, por trás de métodos de ensino tradicionais que pouco contribuem para o desenvolvimento do aluno, atribuindo os baixos resultados somente aos estudantes, os quais, de forma passiva, baixam a cabeça, dizendo apenas que precisam estudar mais, mesmo quando reconhecem que o professor pouco fez para que conseguissem aprender, reforçando o mito já relatado, com frases como:

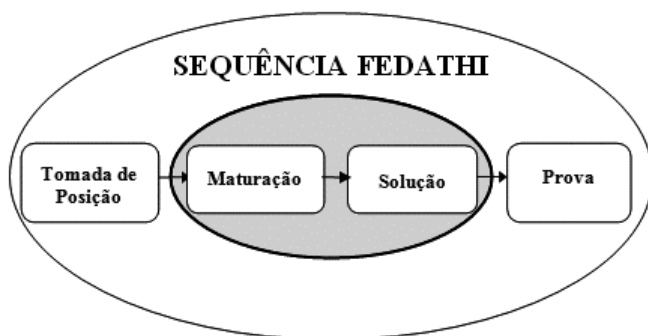
- *Meu professor é um monstro, mas infelizmente não consigo aprender;*
- *Meu professor é um crânio, mas a turma é muito fraca;*
- *O professor é fera, mas nosso nível é muito baixo e a gente não consegue alcançá-lo;*
- *O professor explica bem, mas o problema é nosso, que não conseguimos entender, porque ele tem um nível muito elevado;*

Muitas vezes, professores e instituições formadoras deparam com obstáculos quando param para questionar e repensar os métodos de ensino da Matemática, principalmente por desconhecerem ou terem dificuldades para mudarem suas práticas de ensino. Desse modo, tendem a atribuir o baixo rendimento dos alunos a fatores como falta de material didático, baixa condição econômica, indisciplina, falta de participação da família, baixos salários etc. Sabemos da parcela de influência de tais fatores, mas não são eles apenas que efetivamente determinam a aprendizagem dos alunos, a competência do professor em relação aos conteúdos, métodos de ensino e contextos sociais em que estão inseridos, têm bem mais influência e determinação nos resultados finais.

A Sequência Fedathi contrapõe-se ao ensino tradicional, ensejando aos professores a apropriação de um modelo de ensino em que docente e discente se achem motivados e engajados nas situações de aprendizagem, e, ao final, ambos possam dizer que valeu a pena todo o esforço e a dedicação por sentirem em suas vidas o resultado das aprendizagens.

Borges Neto considera as segunda e terceira etapas da Sequência Fedathi, respectivamente, a *maturação* e a *solução* (Figura 8), como as mais importantes para a superação do modelo tradicional.

Figura 8 – Etapas de desenvolvimento da Sequência Fedathi



Fonte: Elaborada pelos autores.

Sabemos que é fora de propósito querer que os alunos passem a dominar o conhecimento matemático sem oferecer-lhes as condições necessárias. As ações e interações desenvolvidas entre professor e alunos, nas etapas da maturação e da solução em torno do saber a ser constituído são o grande diferencial em relação ao que ocorre na maioria das aulas de Matemática, que, além de não conseguirem fazer os alunos aprenderem, em pouco concorrem para o desenvolvimento intelectual e social do aluno, e, conseqüentemente, da própria Matemática.

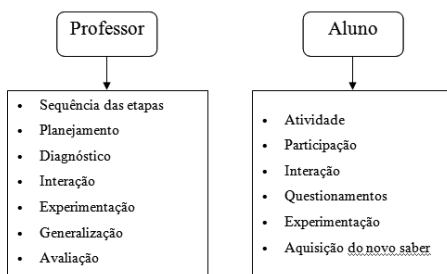
Objetivos, aspectos fundamentais e aplicações da Sequência Fedathi

Objetivos

- Apresentar um modelo de ensino que inclua a investigação científica como uma das etapas na elaboração do conhecimento;
- Oferecer elementos que contribuam para as ações e intervenções do professor no processo de ensino da Matemática;
- Levar o professor a conduzir, de maneira didática e eficaz, a sua prática;
- Propiciar a participação ativa do aluno durante todo o processo de ensino;
- Contribuir para o desenvolvimento da autonomia do estudante durante a aprendizagem;
- Possibilitar aos alunos ampliarem sua rede de conhecimento pelas interações com o grupo e o professor;
- Contribuir com o desenvolvimento e aperfeiçoamento de métodos e técnicas de ensino e da pesquisa da Matemática e áreas afins.

Aspectos fundamentais na aplicação da Sequência Fedathi

Para sua eficácia no processo de aprendizagem, a aplicação da Sequência Fedathi requer a vivência de aspectos fundamentais, pelo professor e pelo aluno, sendo os mais importantes:



Aplicações

Apesar de a Sequência Fedathi ter sido concebida no âmbito de ensino da Matemática, professores e pesquisadores de outras áreas demonstram interesse em estudá-la, principalmente profissionais da área das ciências exatas, pela escassez de teorias que contribuam para o ensino-aprendizagem dessas disciplinas.

Logo abaixo, apresentamos alguns trabalhos que utilizaram a Sequência Fedathi, como apoio teórico e/ou metodológico. Em sua maioria, estão ligados ao ensino de Matemática e utilização de tecnologias digitais. Os trabalhos, além de apresentarem uma síntese da Sequência Fedathi, destacam importantes aspectos teóricos e metodológicos e suas relações com objeto pesquisado.

As teses e dissertações listadas a seguir encontram-se disponíveis na Produção Científica¹ do *site* do Laboratório de Pesquisa Multimeios da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará - UFC.

¹ Disponível em: <https://blogs.multimeios.ufc.br/sitemmproducaocientifica/teses-e-dissertacoes>.

Tese: <i>Um modelo de ensino dos conceitos de cálculo para os cursos de Engenharia fundamentado em uma epistemologia histórica e baseado na metodologia da engenharia didática: validação por meio do conceito de integral</i> Autora: Natália Maria Cordeiro Barroso Ano: 2009 Instituição: UFC
Tese: <i>Tecnologias digitais e ensino de matemática:</i> compreender para realizar Autora: Elizabeth Matos Rocha Ano: 2008 Instituição: UFC
Tese: <i>A matemática na formação do pedagogo:</i> oficinas pedagógicas e a plataforma TelEduc na elaboração dos conceitos Autora: Ivoneide Pinheiro de Lima Ano: 2007 Instituição: UFC
Tese: <i>Análise do nível de raciocínio matemático e da conceitualização de conteúdos aritméticos e algébricos no Ensino Fundamental:</i> considerações acerca de alunos do Sistema Telensino Cearense Autora: Marcília Chagas Barreto Ano: 2002 Instituição: UFC
Tese: <i>Educação Matemática:</i> favorecendo investigações matemáticas através do computador Autor: José Rogério Santana Ano: 2006 Instituição: UFC
Dissertação: <i>Reaprender frações por meio de oficinas pedagógicas:</i> desafio para formação inicial Autor: Maria José Costa dos Santos Ano: 2007 Instituição: UFC
Dissertação: <i>Uso de instrumentos de medição no estudo da grandeza comprimento a partir de sessões didáticas</i> Autor: Elizabeth Matos Rocha Ano: 2006 Instituição: UFC
Dissertação: <i>O computador como ferramenta para mediação de atividades à distância de reforço escolar em matemática</i> Autor: Adelmir de Menezes Jucá Ano: 2004 Instituição: UFC
Dissertação: <i>Do novo PC ao velho PC</i> Autor: José Rogério Santana Ano: 2001 Instituição: UFC
Dissertação: <i>Informática na Educação Matemática:</i> estudo de geometria no ambiente do software Cabri-Géomètre Autor: Maria José Araújo Souza Ano: 2001 Instituição: UFC
Dissertação: <i>Cabri-Géomètre:</i> uma aventura epistemológica Autor: Márcia Oliveira Cavalcante Campos Ano: 1998 Instituição: UFC

Conclusões

Procuramos apresentar neste texto uma síntese do que é a Sequência Fedathi, ressaltando elementos que devem ser explorados em sua aplicação. É importante destacar que a Sequência Fedathi é um modelo ainda em construção, novos trabalhos de pesquisa que venham aplicá-la serão muito importantes para uma contínua análise e melhoramentos do que já foi constituído.

Podemos ressaltar que a essência da Sequência Fedathi está em o professor conduzir o processo de ensino de maneira a levar os alunos a desenvolverem o raciocínio matemático, por meio da exploração, compreensão e investigação de problemas matemáticos, levando-os a construir suas aprendizagens a partir das experimentações e constatações feitas durante todo o processo de desenvolvimento da Sequência, de modo a vivenciarem a mesma atmosfera do trabalho desenvolvido pelo matemático.

REFERÊNCIAS

- BORDANAVE, I. *Estratégias de aprendizagem*. São Paulo: Vozes, 1983.
- BORGES NETO, H. *et al.* A Sequência de Fedathi como proposta metodológica no ensino-aprendizagem de matemática e sua aplicação no ensino de retas paralelas. In: ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DO NORDESTE. Educação – EPENN, 15., São Luis. *Anais [...]*. São Luís, 2001.
- BORGES NETO, H.; DIAS, A. M. I. Desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático no 1º Grau e Pré-Escola. *Cadernos da Pós-Graduação em Educação: inteligência–enfoques construtivistas para o ensino da leitura e da matemática*, Fortaleza, UFC, 1999, v. 2.

BORGES NETO, H.; CAPELO, S. M. C. *O papel da informática educativa no desenvolvimento do raciocínio lógico*. Disponível em: http://www.multimeios.ufc.br/arquivos/pc/pre-print/O_papel_da_Informatica.pdf. Acesso em: 12 abr. 2009.

BORGES NETO, H. O ensino de matemática assistido por computador nos Cursos de Pedagogia. In: ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DO NORDESTE, 8., Natal. *Anais* [...]. Natal: Edufrn, 1998. 149p. (Coleção EPEN, v. 19).

BORGES NETO, H. *A informática na escola e o professor*. In: ENCONTRO NACIONAL DE DIDÁTICA E PRÁTICA DE ENSINO – ENDIPE, 9, 1998.

BORGES NETO, H. Uma classificação sobre a utilização do computador pela escola. *Revista Educação em debate*, Fortaleza, v. 21, n. 37, p. 135-138, 1999.

BORGES NETO, H. Por que computador no ensino de matemática? Programa de Pós-Graduação em Educação - FAGED-UFC. Sala Multimeios. Fortaleza (CE).

BROUSSEAU, G. *Introdução ao estudo das situações didáticas: conteúdos e métodos de ensino*. São Paulo: Ática, 2008.

BROUSSEAU, G. Os diferentes papéis do professor. In: SAIZ, C.P.I. et al. *Didática da matemática: reflexões psicopedagógicas*. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 48-72.

CARVALHO, A. M. P. de. *Prática de ensino*. São Paulo: Enio Matheus Guazzelli e Cia LTDA, 1985. 106p.

COLL, C. S. *Psicologia do ensino*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000. 408p.

COMÊNIO, J. A. *Didática Magna*. Rio de Janeiro: Edição da Organização Simões, 1954. 417p.

LIBÂNEO, J. C. *Didática – Série Formação do Professor*. São Paulo: Cortez, 1994.

- MACHADO, S. P. A. (org.). *Educação matemática: uma introdução*. São Paulo: EDUC, 1999.
- NÉRICI, I. G. *Didática – uma introdução*. São Paulo: Atlas, 1988. 310p.
- NÉRICI, I. G. *Didática geral dinâmica*. 4. ed. São Paulo: Editora Fundo de Cultura, 1973. 314p.
- NÉRICI, I. G. *Metodologia de ensino: uma introdução*. São Paulo: Atlas, 1977. 579p. Disponível em: http://www.multimeios.ufc.br/pre_print.php. Acesso em: 12 abr. 2009.
- SOUZA, M. J. A. *Aplicações da sequência Fedathi no ensino e aprendizagem da geometria mediado por tecnologias digitais*. 2010. 216p. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal do Ceará, 2010.
- SOUZA, M. J. A. *Informática na educação matemática: estudo de geometria no ambiente do software Cabri-Géomètre*. 2001.187p. Dissertação (Mestrado em educação) - Universidade Federal do Ceará, 2001.
- SOUZA, M. J. A. Aplicação de sequências didáticas no ensino de matemática com ênfase na sequência Fedathi. In: ENCONTRO DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA – Universidade Estadual Vale do Acaraú, 3., Sobral. *Anais [...]*, 2008.
- SOUZA, M. J. A. O bom professor de matemática: características essenciais à docência em matemática. In: JORNADA CEARENSE DE EDUCAÇÃO MATEMÁTICA, 3., Fortaleza. *Anais [...]*. 2008.
- VEIGA, I. P. A. (org.). *Técnicas de ensino: novos tempos, novas configurações*. Campinas, SP: Papirus, 2006. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

SEQUÊNCIAS NO ENSINO DA MATEMÁTICA:

RETROSPECTIVA HISTÓRICA DE DEWEY A FEDATHI

Maria José de Araújo Souza

O que é uma Sequência Didática?

Nos estudos que vimos realizando, observamos que os termos **sequência didática**, **situação didática** e **sequência de ensino** aparecem com muita frequência nos trabalhos relacionados à Didática da Matemática e, algumas vezes, são empregados com sentidos tão próximos, que chegam a confundir quanto aos seus significados. Por essa razão, achamos importante diferenciá-los, para ensejar mais compreensão sobre sua significação e seus contextos de aplicação. A expressão *sequência didática* é empregada desde a década de 1980, nas pesquisas em Didática da Matemática que incluem pesquisa experimental. É amplamente utilizada pelos pesquisadores e estudiosos da Didática da Matemática francesa. Por estar relacionada a uma *sequência de experimentos*, é bastante aplicada nos trabalhos baseados na *Engenharia Didática*. Artigue (1996 *apud* Pais, 2001, p.157) assim a define:

Sequência Didática é um conjunto de aulas planejadas e analisadas previamente com a finalidade de observar situações de aprendizagem, envolvendo os conceitos previstos na pesquisa didática [...] tal como acontece na execução de todo projeto, é preciso estar atento durante as sessões ao maior número de informações que podem contribuir no desvelamento do fenômeno investigado.

Já a expressão *situação didática* é mais aplicada quando faz referência a situações de ensino. Geralmente aparece no contexto de trabalhos ligados à Teoria das Situações Didáticas, modelo teórico desenvolvido por Brousseau, na França, em 1986. Essa teoria representa uma referência para a compreensão da aprendizagem matemática na sala de aula.

Quanto à **sequência de ensino**, não encontramos uma definição formal, pelo fato de ser uma expressão desagregada de modelos teóricos e utilizada em diversas áreas e situações educativas, principalmente quando estas se referem à organização do ensino. Geralmente, a expressão é empregada em contextos que se referem à forma de organização do ensino de determinada área, em etapas sequenciadas, a fim de se obter a aprendizagem de um conteúdo específico.

Buscando clarificar e diferenciar os três conceitos, apresentamos uma síntese de cada um deles no quadro abaixo:

Quadro 1 – Síntese das definições e objetivos acerca de Sequência Didática, Situação Didática e Sequência de Ensino

	SEQUÊNCIA DIDÁTICA	SITUAÇÃO DIDÁTICA	SEQUÊNCIA DE ENSINO
Definição	Refere-se à organização de uma sequência de aulas, geralmente planejadas para pesquisas relacionadas à Didática, podendo ser também uma produção para o próprio ensino.	Refere-se ao conjunto das relações estabelecidas entre professor, aluno e saber, dentro de uma situação organizada para um fim específico de ensino.	Refere-se à organização de um determinado saber, em etapas sequenciais, como forma de produzir um conhecimento específico.
Objetivos	- Desenvolver pesquisas. - Organizar e orientar produções voltadas para o ensino.	- Caracterizar processos de ensino-aprendizagem. - Estabelecer situações reprodutíveis para fins específicos de ensino e de pesquisa.	- Organizar, em etapas sequenciais, produções específicas de ensino.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Com essa tentativa de estabelecer diferenças entre os conceitos ora explicitados, pudemos perceber que eles se referem basicamente a dois contextos: o *ensino* e a *pesquisa*. Apesar de possuírem uma inter-relação e por estarem associados a contextos educacionais, podem ser trabalhados separadamente ou de forma conjunta, de acordo com os objetivos da proposta em que estiverem inseridos.

Tivemos a preocupação de buscar a compreensão dos termos há pouco mencionados, a fim de propiciar uma melhor compreensão do desenvolvimento deste trabalho, que tem como objetivo principal trazer algumas sequências ligadas a contextos de pesquisa e de ensino, e mesmo de criação do pensamento, buscando, mediante essas propostas, fundamentar elementos da Sequência Fedathi.

Sequências de Ensino e de Pesquisa: de John Dewey a Fedathi

No intuito de contribuir com o desenvolvimento dos processos de ensino e pesquisa, estudiosos e pesquisadores da Educação e do ensino de Matemática desenvolveram recursos teóricos por meio de sequências e modelos preestabelecidos, com a finalidade de *investigar, interpretar, delinear e direcionar as ações relacionadas e implicadas nos atos de ensinar e de aprender*.

Buscando reconhecer os principais elementos e pontos em comum de algumas dessas sequências e modelos teóricos, realizamos um levantamento com base em autores como Barnnet Rich (1971), Nérici (1973), Polya (1978), Crowley (1994), Borges Neto *et al.* (2001), Machado (2002), Huete e Bravo (2006) e Brousseau (2008), com apoio nos quais selecionamos e apresentamos algumas propostas teóricas já conhecidas no universo da Didática da Matemática, como a Engenharia Didática, a Teoria das Situações Didáticas, o Modelo van Hiele, o modelo de Resolução de Problemas de Polya, com outras sequências menos conhecidas. Iniciaremos este apanhado histórico com a sequência apresentada por Dewey em 1910, perpassando por várias outras, até a Sequência Fedathi, proposta por Borges Neto em 1998.

- **Dewey – 1910** (Huete; Bravo, 2006, p. 159):

John Dewey oferece-nos a primeira análise lógica dos atos do pensamento. O fato de apresentar o *pensamento* como um *processo* vai abrir portas para sucessivos estudos, separando as diferentes potencialidades. Ele descreve cinco níveis para o desenvolvimento do pensamento:

- 1) *o encontro com uma dificuldade;*
- 2) *ter consciência de que existe;*
- 3) *localização e precisão dela;*
- 4) *apresentação de uma possível solução; e*
- 5) *desenvolvimento lógico das consequências derivadas.*

- **Graham Wallas – 1926** (Huete; Bravo, 2006, p. 160):

Em 1926, Wallas sugeriu quatro etapas no processo criador do ser humano:

- 1) *preparação* – coleta de informações e tentativas preliminares de solução;
- 2) *incubação* – deixar o problema de lado para realizar outras atividades ou dormir;
- 3) *iluminação* – aparece a chave para a solução (aqui é onde se produz o estalo, o *insight*, o eureka); e
- 4) *verificação* – comprova-se a solução para estar seguro de que “funciona”.

- **Joseph Rossman** (Huete; Bravo, 1931, p. 160):

Em 1931, Joseph Rossman considerou algumas fases que caracterizam a invenção. É uma proposição particular da criatividade, organizada sobre o processo do pensamento racional. Ele aponta sete fases:

- 1) observa-se uma dificuldade ou sente-se uma necessidade;
- 2) analisa-se a dita dificuldade ou necessidade;
- 3) formula-se o problema;
- 4) busca-se e coleta-se a informação necessária;
- 5) adiantam-se possíveis soluções;
- 6) realiza-se um exame crítico das soluções propostas com suas vantagens e desvantagens; e
- 7) expõem-se novas ideias – invenção.

· **Duncker – 1945** (HUETE e Bravo, 2006, p. 161):

Duncker, como Polya e outros psicólogos da Gestalt, observou fenômenos básicos no processo de resolução de problemas, entre os quais enfatizou:

- 1) *solução funcional ou valor* – os elementos do problema devem ser considerados conforme sua utilidade geral ou funcional no problema, e as soluções gerais ou funcionais precedem às soluções específicas.
- 2) *reformulação ou reorganização* – a solução do problema inclui estádios sucessivos de reformulação ou reestruturação do problema, e com cada solução parcial se cria outro problema mais específico;
- 3) *sugestão de cima* – reformular o objetivo para torná-lo o mais próximo dos dados; e
- 4) *sugestão de baixo* – reformular os dados de modo que estejam mais estreitamente relacionados com o objetivo, sendo o restante da exploração similar à proposta de Polya.

· **George Polya – 1954** (Polya, 1978, p. 4):

George Polya introduziu quatro passos na resolução de problemas baseados em observações que realizou como professor de Matemática:

1) *compreensão do problema* – aquele que deve resolver o problema reúne informação acerca do problema e pergunta: “o que quer (ou o que é que se desconhece)? O que há (ou quais são os dados e condições)?”;

2) *elaboração de um plano* – o sujeito tenta utilizar a experiência para encontrar um método de solução e pergunta: “conheço um problema relacionado? Posso reformular o objetivo de uma nova forma utilizando minha experiência passada (trabalhando para trás) ou posso reordenar os dados de uma nova forma que se relacione com minha experiência passada (trabalhando para a frente)?” (É aqui que surge o *insight*);

3) *colocando o plano em ação* – o sujeito põe em prática seu plano de solução, comprovando cada passo; e

4) *reflexão* – o sujeito tenta comprovar o resultado, utilizando outro método ou vendo como tudo se encaixa, e se pergunta: “posso utilizar este resultado ou este método para resolver outros problemas?”. Ensaio e erro, analogia, semelhança, redução ao absurdo. Desenvolvimento da estratégia. Aplicação da estratégia selecionada. Revisão do processo. Como chegamos à solução? Por que não a alcançamos? Podemos obter outros resultados pelo mesmo método?

· **Dina e Pierre: Modelo van Hiele – 1957** (Crowley, 1994, p. 6):

O modelo considera “fases de aprendizagem” as etapas na graduação e na organização das atividades que um estudante deve realizar, a fim de adquirir as experiências que o levem a um nível superior de raciocínio, com relação a um assunto bem determinado. Ao longo dessas fases, o professor deve fazer com que os seus alunos estabeleçam a rede mental de relações do nível de raciocínio que devem atingir, criando, em primeiro lugar, os nós da rede (os “objetos”) e depois as conexões entre eles. Dito de outra maneira, é necessário conseguir, em primeiro lugar, que os estudantes adquiram, de maneira, significativa, os conceitos básicos necessários (novos conceitos, propriedades, termos etc.) com os quais deverão trabalhar,

de modo que possam depois concentrar sua atividade em aprender a utilizá-los e combiná-los entre si.

As fases da aprendizagem propostas por Van Hiele são cinco:

Fase 1 – informação – trata-se de uma fase de contato inicial. O professor deve informar seus alunos sobre o campo de estudo no qual começarão a trabalhar, que tipos de problemas serão colocados, que material será utilizado etc.;

Fase 2 – orientação rígida – nessa fase, os estudantes começam a explorar o campo de estudos por meio de investigações baseadas no material proposto;

Fase 3 – explicitação – uma das principais finalidades da terceira fase é a de fazer com que os estudantes troquem as próprias experiências, comentem as regularidades que observaram e expliquem como enfrentaram a atividade;

Fase 4 – orientação livre – agora que os alunos devem aplicar os conhecimentos e a linguagem que estão adquirindo em outras investigações, diferentes das anteriores. O campo de estudo é, nesse momento, em grande parte conhecido pelos alunos, mas eles ainda devem aperfeiçoar os próprios conhecimentos sobre ele; e

Fase 5 – integração – ao longo das fases 1, 2, 3 e 4, os estudantes adquiriram novos conhecimentos e habilidades, mas devem ainda atingir uma visão geral dos conteúdos e métodos que têm à disposição, com relação aos novos conhecimentos em outros campos que estudaram anteriormente.

· **Barnett Rich – 1971** (Rich, 1971, p. 216):

Barnett Rich, em seu livro *Álgebra Elementar*, segue a mesma tendência dos autores anteriores, propondo para a resolução de problemas quatro etapas básicas, sendo elas:

- 1) *representação* das incógnitas por letras;
- 2) *tradução* das inter-relações pertinentes às incógnitas em equações;

- 3) *solução* das equações para achar o valor das incógnitas; e
- 4) *verificação ou prova* com os valores encontrados, a fim de saber se estes satisfazem o problema original.

· **Nérici – 1973** (Nérici, 1973, p. 190):

Para Nérici, os métodos de ensino precisam acompanhar o desenvolvimento de um ciclo docente, que compreende fundamentalmente três fases: planejamento, execução e avaliação.

1) *planejamento* – a fase do planejamento pode estar ligada ao professor, ao professor e educandos e, em momento mais avançado, aos educandos.

2) *execução* – esta fase pode apresentar três subfases:

– *apresentação*, em que a matéria a ser estudada é apresentada de forma motivadora para a classe e em que as normas de estudo são esclarecidas;

– *elaboração*, em que se estuda sistematicamente o tema em foco, com exercícios, aplicações etc., em função do próprio tema tratado; e

– *síntese* em que são tiradas conclusões, feitas aplicações ou esquematizados conjuntos, em função, também, do tema tratado.

3) *avaliação* – esta fase consta de provas de verificação ou de outros quaisquer recursos que forneçam dados ao professor para propiciar uma avaliação do estudo efetuado pela classe e pelos educandos separadamente, a fim de providenciar, sempre que necessário, retificação ou recuperação da aprendizagem.

· **Schoenfeld – 1985** (Huete e Bravo, 2006, p. 162):

Schoenfeld entende que o processo de resolução de problemas não é linear, como propõe Polya; supõe caminhos em ziguezague, com andanças para trás e para frente. Propõe quatro fases para a resolução de problemas:

- 1) *análise* – examinar casos particulares, simplificar o problema;
- 2) *exploração* – substituir as condições, introduzir elementos auxiliares, considerar o raciocínio por contradição, examinar problemas modificados;
- 3) *execução* – aplicar a estratégia escolhida; e
- 4) *comprovação* – utiliza todos os dados pertinentes? Está de acordo com previsões ou estimativas razoáveis? É possível obter a mesma solução por outro método?

· **Brousseau: Teoria das Situações Didáticas – 1988**
(Freitas, 2008, p. 24):

Brousseau distingue quatro tipos de situações nos processos didáticos: 1) situações de ação; 2) situações de formulação; 3) situações de validação; e 4) situações de institucionalização.

- 1) *Situação de ação*: determinado contexto de aprendizagem é uma situação de ação quando o aluno, que se encontra ativamente empenhado na busca de solução de um problema, realiza determinadas ações mais imediatas, que resultam na produção de um conhecimento de natureza mais operacional;
- 2) *Situação de formulação*: o aluno já utiliza, na solução do problema estudado, alguns modelos ou esquemas teóricos explícitos, além de mostrar um evidente trabalho com informações teóricas de uma forma bem mais elaborada, podendo ainda usar uma linguagem mais apropriada para viabilizar esse uso da teoria;
- 3) *Situação de Validação*: aquela em que o aluno já emprega mecanismos de prova e em que o saber é usado com essa finalidade. Essas situações estão relacionadas ao plano da racionalidade e diretamente voltadas para o problema da verdade;
- 4) *Situações de institucionalização*: visam a estabelecer o caráter de objetividade e universalidade do conhecimento. O saber tem assim uma função de referência cultural que extrapola o contexto pessoal e localizado; o professor seleciona questões essenciais

para a apropriação de um saber formal a ser incorporado como patrimônio cultural.

- **Michele Artigue – 1988** (Machado, 1988, p. 201-208):

A engenharia didática se faz pela execução de quatro fases consecutivas:

- 1) *Análises prévias ou preliminares* – deve-se proceder à descrição das principais dimensões que definem o fenômeno a ser estudado e que se relacionam com o sistema de ensino;
- 2) *Concepção e análise a priori* – comporta uma parte de descrição e outra de previsão, está centrada nas características de uma situação adidática que se quis criar e que se quer aplicar aos alunos visados pela experimentação;
- 3) *Experimentação* – é a fase da engenharia com uma certa população de alunos. Ela se inicia no momento em que se dá o contato pesquisador/professor/observador com a população de alunos-objeto da investigação;
- 4) *Análise a posteriori e validação* – refere-se ao tratamento das informações obtidas quando da aplicação da sequência didática, que é da parte efetivamente experimental da pesquisa. O importante é que essa análise atinja a realidade da produção dos alunos, quando possível, desvelando seus procedimentos de raciocínio.

- **Gusmán – 1991** (Huete; Bravo, 2006, p. 162):

Gusmán sugere que a resolução de problemas passe por quatro fases.

- 1) *Familiarização com o problema*. Compreender o problema: de que se trata? Quais são os dados? Os dados têm relação entre si?

- 2) *Busca de estratégias*. Simplificação, particularização, ensaio e erro, analogia, semelhança, redução ao absurdo.
- 3) *Desenvolvimento da estratégia*. Aplicação da estratégia selecionada.
- 4) *Revisão do processo*. Como chegamos à solução? Por que não a alcançamos? Podemos obter outros resultados pelo mesmo método? O mesmo resultado por outros métodos?

· **Borges Neto: Sequência Fedathi – 1996**
(Borges Neto *et al.*, 1998, p. 7):

Borges Neto propõe uma sequência metodológica para o ensino e pesquisa em Matemática, denominada Sequência Fedathi. O modelo pressupõe a realização de quatro fases sequenciais e interdependentes, denominadas:

- 1) *Tomada de Posição* – Apresentação do problema. A abordagem do problema poderá ser feita de variadas formas;
- 2) *Maturação* – Compreensão e identificação das variáveis envolvidas no problema. Esta etapa é destinada à discussão entre o professor e o aluno a respeito do problema em questão;
- 3) *Solução* – Representação e organização de esquemas/modelos que visem à solução do problema. Os alunos deverão organizar e apresentar modelos;
- 4) *Prova* – Apresentação e formalização do modelo matemático a ser ensinado. O professor precisará fazer uma conexão entre os modelos apresentados pelos alunos e o modelo matemático científico; deverá introduzir o novo saber por meio de sua notação simbólica em linguagem matemática.

A Sequência Fedathi vem sendo estudada e experimentada por estudantes e pesquisadores, principalmente da área do ensino da Matemática.

Pontos de convergência das sequências

Buscando os principais pontos de convergência das sequências apresentadas, corroboramos a ideia de Huete e Bravo (2006, p. 158), quando ressaltam que, dentro de uma recopilação histórica, elementos comuns são encontrados entre a maioria das sequências, inclusive na Sequência Fedathi, podendo tais pontos serem resumidos nos cinco itens seguintes:

Quadro 2 – Pontos de convergência das sequências

1. A COMPREENSÃO DO ENUNCIADO (Tomada de Posição)
Versão da linguagem verbal para a linguagem matemática;
2. A COMPREENSÃO DO PROBLEMA (Tomada de Posição)
Consciência das relações lógicas conceituais e matemáticas que intervêm;
3. A BUSCA DE VÁRIAS ESTRATÉGIAS DE RESOLUÇÃO (Maturação);
4. A APLICAÇÃO DAS ESTRATÉGIAS (Solução);
5. A REVISÃO E A COMPROVAÇÃO DO PROCESSO SEGUIDO (Prova).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Apesar de as sequências apresentadas terem sido constituídas com objetivos distintos e, em diferentes lugares, tempos e contextos educacionais, elas possuem vários pontos comuns (Quadro 2). Essas intersecções das sequências são “a espinha dorsal”, o sustentáculo de seus arcações teóricos, elementos essenciais a serem considerados em suas aplicações.

Os pontos de convergência apresentados estão intensivamente expressos na Sequência Fedathi, vindo reforçar seu potencial teórico e de aplicação junto ao ensino de Matemática. Além de contemplar esses elementos na constituição do pensamento e do raciocínio matemático, a Sequência Fedathi apresenta importantes categorias relacionadas à atuação do professor durante a aula.

O levantamento histórico apresentado proporcionou-nos uma visão mais ampla dos esforços já empreendidos por vários estudiosos, na busca de compreender, interpretar e direcionar os processos de ensino e de aprendizagem, mediante elaboração de sequências e etapas que facilitassem e possibilitassem o desvelamento das ações relacionadas ao ensino.

O *status* científico alcançado pelas sequências apresentadas mostrou-nos que, independentemente do contexto histórico e social onde foram concebidas, encontram-se fortemente alicerçadas em argumentos sólidos e atuais, cumprindo o seu papel de grandes contribuições para o melhoramento e aperfeiçoamento dos sistemas de ensino em vigor.

REFERÊNCIAS

ARTIGUE, M. *Ingénierie Didactique*. Recherches en didactique des mathématiques. v. 9/3, 281-308, Grenoble, La Pensée Sauvage Editions, 1988.

BORGES METO, H. *et al.* O ensino de matemática assistido por computador nos Cursos de Pedagogia. In: ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DO NORDESTE, 13., Natal. *Anais [...]*. Natal: Editora da UFRN, 1998. v. 19. (Coleção EPEN).

CROWLEY, M. L. *O modelo Van Hiele de desenvolvimento do Pensamento Geométrico*. In: Aprendendo e ensinando geometria. São Paulo: Atual, 1994.

FREITAS, J. L. M. Situações Didáticas. In: MACHADO, S. D. A. (org.). *Educação matemática: uma introdução*. São Paulo: EDUC, 1999. p. 65-87.

HUETE, J. C. S.; BRAVO, J. A. F. *O ensino de matemática: fundamentos teóricos e bases psicopedagógicas*. Porto Alegre: Artmed, 2006.

MACHADO, S. P. A. Engenharia Didática. In: MACHADO, S. P. A. (org.). *Educação matemática: uma introdução*. São Paulo: EDUC, 2002. p. 197-208.

NÉRICI, I. G. *Didática geral dinâmica*. 4. ed. São Paulo: Editora Fundo de Cultura, 1973. 314p.

PAIS, L. C. *Didática da Matemática: uma análise da influência francesa*. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2001. (Coleção Tendências em Educação Matemática).

POLYA, G. *A Arte de resolver problemas*. Rio de Janeiro: Interciência, 1978.

RICH, B. *Álgebra elementar*. Rio de Janeiro: Editora McGraw-Hill do Brasil, 1971. (Coleção Schaum).

PARTE 2

SEQUÊNCIA FEDATHI: APLICAÇÕES NO ENSINO DE MATEMÁTICA E CIÊNCIAS

APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA FEDATHI E A EXIGÊNCIA DE UM NOVO CONTRATO DIDÁTICO

Francisco Edison Eugenio de Sousa

Introdução

O texto aqui apresentado retoma uma parte do nosso trabalho de dissertação (Sousa, 2005),¹ em que tivemos a oportunidade de analisar a aplicação da Sequência Fedathi em aulas de Matemática dos anos iniciais do Ensino Fundamental, em uma escola da rede pública municipal da cidade de Quixadá (CE).

Em um primeiro momento, apresentaremos um enfoque acerca dos temas utilizados como base teórica na experimentação, enfocando principalmente o contrato didático; em seguida, discutimos sobre planejamento à luz da Sequência Fedathi, comparando a organização dessa sequência com a organização do plano didático

¹ Trabalho de investigação realizado no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará – Faced/UFC, sob a orientação do Professor Dr. Hermínio Borges Neto, com o título: “Formação Contínua e Mediação Pedagógica no Ensino de Matemática”.

convencional; em seguida, apresentaremos um recorte da parte empírica da investigação, relatando a postura didática de um dos professores participantes; e, nas considerações finais, faremos uma análise acerca do contrato didático identificado na experiência que tivemos a oportunidade de observar e acompanhar.

Abordagem teórica

Atualmente, muitos são os professores que ainda não conseguem ensinar Matemática proporcionando aos estudantes situações de investigação, pois, na formação inicial que tiveram em cursos de habilitação para o magistério, no Ensino Médio e/ou Educação Superior, o contato com a Matemática ficou restrito à abordagem metodológica, muitas vezes, limitada a uma ou duas disciplinas de Didática da Matemática.

Considerando essa realidade, Borges Neto *et al.* (2001) esclarecem que o ponto de partida da Sequência Fedathi é o desenvolvimento do trabalho do professor, a partir da organização de estratégias metodológicas que possam ser pensadas durante a preparação de uma aula, constituindo a sequência didática a ser desenvolvida. Nesse momento, o professor deve assumir a função de mediador, ao observar as investigações dos estudantes, acompanhando-os no processo de aprendizagem, ou seja, exige-se do professor uma nova postura em seu fazer pedagógico.

Uma mudança de concepção e uma nova atitude profissional requerem, porém, novas propostas para a formação dos professores, de forma específica para aqueles que já estão no exercício do magistério, o que nos motivou a propor um curso de formação para os docentes que aceitaram experimentar a aplicação da Sequência Fedathi.

De acordo com D'Ambrosio (1993), as novas concepções sobre a construção do conhecimento, incluindo o matemático, tiveram origem nas correntes modernas de aprendizagem, que procuram explicar como o indivíduo chega ao conhecimento. Assim,

conflitos cognitivos e dissonâncias cognitivas são a essência do processo de aprendizagem. Seguindo essa concepção, vários são os pesquisadores que vêm analisando a construção do conhecimento, em geral, e outros, mais especificamente, o conhecimento matemático pelas crianças.

Levando em consideração essa abordagem teórica, o ambiente favorável ao desenvolvimento desse tipo de trabalho é aquele que encoraja os estudantes a propor soluções, explorar possibilidades, levantar hipóteses, investigar problemas matemáticos, justificar seu raciocínio e chegar às suas conclusões. As respostas e resultados “errados” devem constituir a riqueza do processo de aprendizagem e devem ser explorados e utilizados de maneira a produzir novos conhecimentos, novas questões, novas investigações ou um refinamento das ideias (D’ambrosio, 1993).

A organização de sequências de ensino compatíveis com as novas propostas de transposição didática requer que os professores tenham uma postura diferente do que, geralmente, é praticado no ensino dos conteúdos matemáticos. Isso exige, além de outros investimentos, uma nova forma de relacionamento entre professor e estudante, ou seja, há necessidade do estabelecimento de um novo *contrato didático* nas aulas de Matemática. Essa expressão é uma contribuição teórica da didática francesa.²

De acordo com Brousseau (1986 *apud* Silva, 1999, p. 43), “chama-se contrato didático o conjunto de comportamentos do professor que são esperados pelos alunos e o conjunto de comportamentos do aluno que são esperados pelo professor”. Assim, o contrato é o conjunto de regras, implícitas e explícitas, que determinam o que cada parceiro da relação didática deverá gerir e aquilo que, de uma maneira ou de outra, cada um deve entregar.

² O que se conhece nos Estados Unidos e no Brasil como “Educação Matemática”, na França e na Alemanha, denomina-se “Didática da Matemática” e, na Holanda, recebe o nome de “Metodologia do Ensino da Matemática” (Fiorentini; Lorenzato, 2007, p. 12).

Brousseau (1986 *apud* Pais, 2001, p. 77) diz que a noção de contrato didático se refere ao estudo das regras que dão condições ao funcionamento da educação escolar na sala de aula, no espaço intermediário da escola ou na dimensão mais ampla do sistema educativo.

Segundo Pais (2001, p. 78), a efetiva percepção do contrato didático se dá quando suas regras são rompidas por uma das partes nele envolvidas. E isso não decorre da vontade exclusiva dos sujeitos envolvidos na aula, mas da possível interpretação da preexistência de suas condições em relação à prática pedagógica conduzida pelo docente.

Do ponto de vista didático, outro aspecto relevante a ser considerado na análise do contrato é a sua dimensão local com referência a certo campo conceitual preciso. As características do contrato didático estão relacionadas às condições em que se realiza a prática pedagógica. Deve-se levar em consideração que certas características do saber matemático, tais como formalismo, abstração e rigor, condicionam algumas regras implícitas do contrato didático, expressas pelas diferenças habituais de concepções dos professores de Matemática.

A explicitação desse conceito justifica-se pela necessidade de sua utilização no nosso trabalho, pois a mudança de postura do professor em sala de aula requer uma mudança no contrato didático que historicamente foi se cristalizando nas práticas de ensino, em que os estudantes costumam repetir passivamente o que o professor faz, sem vivenciar momentos de investigação e de construção do próprio conhecimento, ações indispensáveis à efetivação da Sequência Fedathi.

Em grande parte, a dificuldade dos estudantes é causada pelos efeitos do contrato didático, quando mal aplicado ou mal entendido. Em sua estrutura, o contrato traz expectativa do professor em relação à turma ou em relação a um aluno, o que pode estabelecer um acordo entre eles, fazendo com que o docente limite sua exigência à imagem que fez da capacidade do estudante, e este, por sua vez, limite seu trabalho à imagem que o professor fez dele.

Brousseau (1986 *apud* Pais 2001, p. 82-85) cita três exemplos de contrato didático, enfatizando as diferentes posturas do professor diante do estudante e da valorização do saber matemático. Esses exemplos indicam diferentes formas de conduzir a prática educativa escolar, as quais podem ser também analisadas em vista das grandes tendências da prática pedagógica.

No primeiro caso, o valor recai sobre o conhecimento, sendo que essa valorização é percebida na relação professor e estudante; no segundo, a ênfase é dada mais ao relacionamento do estudante com o conhecimento, sendo que este é o principal responsável pela sua própria aprendizagem; já no terceiro exemplo, há também uma forte ênfase no relacionamento do estudante com o conhecimento, mas o professor aqui faz a mediação, intervém junto ao discente, proporcionando-lhe situações que o levem à aprendizagem.

Por meio desses três exemplos, Brousseau apresenta diferentes posturas do professor diante do estudante e da valorização do saber matemático. Em cada modalidade, o docente tem uma atuação diferente, o que implica diretamente na forma como ele vai coordenar a sequência didática, pois, em cada situação, há a predominância de um dos três elementos que compõem a relação pedagógica da escola: o professor, o estudante e o saber.

Para o desenvolvimento da Sequência Fedathi, propõe-se o estabelecimento de um contrato didático semelhante ao citado no terceiro exemplo de Brousseau. Para tanto, o processo de ensino e aprendizagem deve ser problematizado, dando enfoque ao desenvolvimento de procedimentos metodológicos que viabilizem a transformação dos saberes escolares em saberes dos estudantes, permitindo, assim, a construção e a apropriação de conceitos por parte destes. Os professores têm aqui o papel fundamental de fazer a mediação entre os conhecimentos validados pela comunidade científica e os resultados encontrados pelos educandos, quando colocados na posição de pesquisadores, ou seja, cabe ao professor fazer a transposição didática, definida por Chevallard (*apud* Pais, 2001, p. 19) como o trabalho de transformação de um objeto de saber a ensinar em um objeto de ensino.

Planejamento da Sequência Fedathi

No desenvolvimento da pesquisa, a aplicação da Sequência Fedathi foi precedida pela organização da Engenharia Didática,³ utilizada como base tanto para a organização da pesquisa quanto do curso de formação continuada trabalhado. Os professores utilizaram essa proposta em sessões didáticas de experimentação dessa sequência de ensino, a partir de uma forma diferente de organizar o planejamento e de ministrar as aulas de Matemática.

Para explicitar a diferença entre esses dois referenciais de planejamento didático, faremos aqui uma comparação entre a estrutura do plano convencional dos professores da escola utilizada como campo de pesquisa (na verdade, uma representação da forma de planejar de muitos professores) e a organização da Sequência Fedathi. Para tanto, apresentamos inicialmente a estrutura utilizada em cada proposta e depois estabelecemos um paralelo entre ambas.

O roteiro organizacional dos planos de aula dos professores apresenta a estrutura metodológica descrita a seguir,⁴ que predomina na organização dos planos de aula diários:

Acolhida – descrição das atividades a serem desenvolvidas no momento inicial de boas-vindas à turma, quando também é feita a oração do dia;

Objetivo – apresentação do propósito que o professor quer alcançar com a aula;

Conteúdo – descrição do conteúdo a ser ensinado;

Metodologia – estratégias e recursos de ensino a serem utilizados; e

Avaliação – estratégias e/ou instrumentos a serem utilizados para verificar se o estudante aprendeu o conteúdo ensinado.

³ De acordo com Pais (2001:99), a Engenharia Didática caracteriza uma forma particular de organização dos procedimentos metodológicos da pesquisa em Didática da Matemática. Essa metodologia foi pensada por Michèle Artigue (1996), pesquisadora francesa nessa área, e é utilizada na organização e aplicação da Sequência Fedathi.

⁴ De acordo com Moreira (1995, p.136), a organização dos programas de ensino de influência tecnicista, com base em R. W. Tyler e H. Taba, seguiam a seguinte estrutura: *objetivo, conteúdo, metodologia, avaliação e bibliografia*. Esse roteiro, excluindo *bibliografia* e alguns incluindo *acolhida*, é o que ainda predomina na prática dos professores sujeitos da pesquisa.

De forma geral, essa organização pedagógica é a que tem dado suporte ao trabalho dos professores, pois é aquela proposta nos cursos de formação pedagógica, principalmente no Nível Médio. Nas últimas três décadas e ainda no início desta, mesmo depois de se analisar criticamente a vinculação dessa estrutura ao tecnicismo educacional, principalmente na década de 1970, e das inovações que vêm sendo propostas a partir da implantação dos Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (Brasil, 1997), constatamos que dificilmente se utiliza um referencial que substitua esse roteiro organizacional, fazendo com que ainda predomine esse “modelo” de planejamento na escola pesquisada e no contexto da rede de ensino de Quixadá, o que constatamos nas atividades profissionais docentes que desenvolvemos no município.

Para a organização da Sequência Fedathi, junto à estrutura da Engenharia Didática, foi sugerido aos professores o seguinte roteiro pedagógico:

ENGENHARIA DIDÁTICA

1 Análise preliminar

Análise geral dos aspectos envolvidos na seleção do conteúdo que se pretende ensinar

Conteúdo a ser ensinado

Justificativa do ensino desse conteúdo

Recursos didático-metodológicos utilizados no estudo e seleção do conteúdo

2 Análise a priori

Organização da sequência didática

Dificuldades que podem ser enfrentadas na aplicação da sequência didática

Pré-requisitos (conhecimentos) necessários ao ensino do conteúdo

Objetivo(s)

Tempo necessário à aplicação da sessão didática

Recursos didáticos a serem utilizados

Campos conceituais envolvidos

Dispositivos de avaliação

Outro(s) aspecto(s)

3 Experimentação / Sequência Fedathi

Aplicação da sequência didática

3.1 Tomada de posição

Contrato didático

O problema e sua apresentação

3.2 Maturação

Atividades a serem desenvolvidas no momento da elaboração de hipóteses e estratégias para a resolução do problema pelos estudantes

3.3 Solução

- Procedimentos a serem tomados no momento de apresentação dos resultados (certos ou errados ou nenhuma solução) pelos estudantes

3.4 Prova

Estratégias a serem utilizadas para a formalização (apresentação sistematizada e elaborada da resolução do problema).

4 Análise *a posteriori*

Verificação da experimentação/Sequência Fedathi, comparando-a com as hipóteses e objetivos definidos na análise *a priori*, com ênfase na postura do professor

Como pode ser verificado, o roteiro de elaboração da Engenharia Didática, incluindo a Sequência Fedathi, é mais amplo do que aquele normalmente utilizado pelos professores, fato que, no início, fez com que estes ficassem apreensivos, pois consideravam difícil elaborar um plano de aula utilizando tal proposta.

Apresentamos, a seguir, a comparação que estabelecemos entre o plano convencional utilizado pelos professores e o roteiro proposto para a organização da Engenharia Didática, visando à aplicação da Sequência Fedathi, a fim de ressaltar a diferença entre essas duas propostas.

Quadro 1 – Comparação entre a organização do plano de aula convencional e o plano de aplicação da Sequência Fedathi

PLANO DE AULA CONVENCIONAL	PLANO DE APLICAÇÃO DA SEQUÊNCIA FEDATHI
Há, no planejamento, uma preocupação predominante com o trabalho que deve ser desenvolvido pelos estudantes durante a execução da sequência didática.	Há, no planejamento, uma preocupação predominante com o trabalho, que deve ser desenvolvido pelo professor antes, durante e depois da sequência didática, em função da aprendizagem dos estudantes, além do momento da aula.

A introdução da aula tem por finalidade fazer a acolhida e a socialização dos estudantes, em atividades que dificilmente têm relação com o tema a ser trabalhado.	A abertura da aula tem por finalidade fazer o diagnóstico do conhecimento dos estudantes e gerar a problematização acerca do tema a ser abordado.
O objetivo é definido como uma meta a ser atingida.	O objetivo é definido como uma hipótese a ser verificada.
A seleção do conteúdo segue o roteiro do livro didático e/ou as necessidades dos estudantes, predominando o atendimento aos interesses do professor.	A seleção do conteúdo segue a proposta curricular elaborada pelo professor, a partir das necessidades do estudante.
A definição de estratégias prima pela seleção de recursos metodológicos que serão utilizados pelos estudantes no momento de aplicação da sequência didática.	A definição de estratégias prima pela criação e seleção de recursos metodológicos que serão utilizados pelo professor, visando à mediação a ser desenvolvida por ele no momento da sessão didática.
O ensino parte da exposição do conteúdo pelo professor.	O ensino parte da resolução de uma situação-problema pelos alunos.
As perguntas do professor são utilizadas apenas como instrumento de verificação e arguição acerca da aprendizagem dos estudantes.	As perguntas do professor são utilizadas como estratégia de intervenção e mediação, visando ao desenvolvimento da aprendizagem dos estudantes.
O trabalho dos estudantes consiste na resolução de uma lista de exercícios, seguindo o modelo apresentado pelo professor.	O trabalho dos estudantes consiste em elaborar hipóteses, definir estratégias de investigação em busca da solução para a situação-problema apresentada.
A culminância da aula consiste na correção dos exercícios pelo professor, sem levar muito em consideração as possíveis hipóteses, estratégias, e soluções encontradas pelos estudantes para os exercícios propostos.	A culminância da aula consiste na formalização da resolução do problema apresentado (prova), a partir das hipóteses, estratégias e soluções apresentadas pelos estudantes.
A avaliação é pensada como instrumento de validação da execução da sequência didática, com ênfase na verificação das atividades realizadas pelos estudantes.	A avaliação é pensada como instrumento de validação da sequência didática, com ênfase na aprendizagem dos estudantes e no trabalho desenvolvido pelo professor, visando à organização da(s) aula(s) seguinte(s).

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ressaltamos, assim, que há diferenças entre esses dois referenciais de plano de aula, mas acreditamos que essa diferença deve acontecer inicialmente no plano conceptual, para depois ocorrer no plano organizacional, ou seja, para organizar uma aula segundo

o roteiro metodológico da Sequência Fedathi, a mudança de concepção deve preceder a mudança na forma de planejar.

Quando ressaltamos que a diferença deve ser mais na maneira de conceber o ensino de Matemática, é porque compreendemos que as ideias do professor, sua forma de pensar, é que fazem o diferencial no momento da execução do plano, quando este é posto em prática e pode, efetivamente, ser chamado de currículo, no sentido de caminho a ser percorrido. O plano é essencial para a condução e a avaliação de uma aula, mas ele perderá seu significado, dependendo da forma como seja tratado, isto é, ele pode ser bem-feito e não ser bem aplicado, pode ser eficiente e não ter eficácia na sala de aula, não contribuir para a aprendizagem, para o desenvolvimento dos estudantes.

Essa compreensão foi a que conduziu o trabalho de formação dos professores participantes da pesquisa e na organização de seus planos de aula, o que aconteceu na própria escola onde foi realizada a experiência. Temos clareza de que, após essa trajetória, dificilmente os professores continuaram planejando da mesma forma proposta durante a pesquisa. Se eles, no entanto, tendo compreendido e aceitado essa concepção, continuarem experimentando-a ou investigando outras alternativas de melhoria da prática de ensino de Matemática, primando pelo desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático dos estudantes, podemos dizer que valeu a pena o trabalho desenvolvido.

As limitações e avanços dos docentes na experimentação da Sequência Fedathi fazem parte das ideias aqui discutidas.

Aplicação da Sequência Fedathi

A experimentação da Sequência Fedathi consistiu na aplicação de nove sessões didáticas, planejadas e ministradas por três professores (P1, P2 e P3),⁵ em turmas iniciais do Ensino

⁵ P1, do sexo feminino, pedagoga e habilitada em curso Normal, Nível Médio; P2, do sexo masculino, graduando em Letras, no momento da pesquisa; e P3, do sexo masculino, graduado em História e com curso Normal, de Nível Médio.

Fundamental, com base na Engenharia Didática organizada para cada aula. Aqui, faremos menção apenas à experimentação da professora P1, quando procuramos fazer uma análise acerca da influência da formação continuada em sua prática pedagógica, a partir da mediação didática proposta pela *Sequência Fedathi*.

A mediação pedagógica foi verificada a partir da experimentação dos quatro níveis de aplicação da Sequência Fedathi, referentes à *tomada de posição, maturação, solução e prova*, com atenção voltada especialmente para as intervenções feitas como meio de mediação pedagógica.

A experimentação da professora P1 está apresentada aqui da seguinte forma: à medida que destacamos alguns elementos da Engenharia Didática e do trabalho de aplicação de cada um deles, apresentamos recortes dessas aplicações, analisando-as, levando em consideração situações em que a mediação pedagógica foi vivenciada ou situações em que não foi possível identificá-la.

A análise da postura docente foi feita, então, a partir da exposição de situações em que a professora atuou de maneira considerada favorável a sua função mediadora e outras situações em que ela apresentou limitações no sentido de fazer intervenções junto aos estudantes. Outro elemento que utilizamos como suporte nesse momento foi a análise *a posteriori*, desenvolvida após cada aplicação pelo grupo de apoio que acompanhou o pesquisador durante a investigação e depois com os próprios professores participantes da pesquisa.

Os elementos da Engenharia Didática destacados para o desenvolvimento de tal análise referem-se a *objetivos, conteúdo, contrato didático, apresentação do problema e atitudes do professor durante a maturação*, considerados essenciais à investigação. Ou seja, a Engenharia Didática é composta por vários itens, mas aqui estão apresentados apenas aqueles considerados mais relevantes para a análise, a partir da aplicação da Sequência Fedathi feita por um dos professores participantes, como já mencionado.

As aulas da professora P1 foram observadas em uma turma de 7 anos, no 1º ciclo (atual 2º ano), na qual ela atuava como polivalente. Sua primeira aplicação teve como base o seguinte roteiro:

Objetivo: Compreender a contagem de dez em dez como base do sistema de numeração decimal.

Conteúdo: Sistema de numeração decimal: base dez.

Contrato didático: Todos devem participar no grupo, respeitar os colegas, esperar sua vez de falar e apresentar.

O problema e sua apresentação: Contar, agrupar e representar quantidades. Dividir a sala em grupos (conjuntos), entregar a cada conjunto quantidades diversificadas, pedir que eles contem e depois separar a quantidade em grupos de 10 e representar a quantidade no QVL.

Atitudes do professor durante a maturação: observando, questionando e mediando as ações do grupo.

(Engenharia didática da 1ª aplicação da professora P1: 02/03/2004)

A professora iniciou a aplicação dessa engenharia estabelecendo o contrato didático com os estudantes, quando falou de algumas normas que ela definiu para conduzir as atividades pedagógicas daquela sequência de ensino, conforme a apresentação a seguir:

Professora: Nós vamos combinar aqui uma coisa, certo? No nosso trabalho ... [dirigiu-se a um grupo que estava conversando]. O que foi isso, L...? Vamos prestar atenção! Nós vamos fazer um trabalho de grupo, mas a tia vai pedir que vocês respeitem os colegas. Na hora de falar, um grupo fala e o outro fica calado. Não precisa... Quando eu, a tia, fizer uma pergunta ao grupo da D..., aqui, nesse grupo aqui, o outro grupo não é pra falar, não é pra responder a pergunta. Na hora que eu perguntar pro grupo ali do G..., da T... e da B..., os outros grupos não respondam. Deixe que cada grupo responda. Na hora que a tia pedir para vir aqui na lousa, representar, para vir fazer a atividade, vocês participem ...

(1ª aplicação da professora P1: 02/03/2004)

Em seguida, ela fez a apresentação do problema, restringindo-se, nesse primeiro momento, à organização que eles teriam que fazer em grupos para o trabalho a ser desenvolvido naquela aula, sem fazer referência ainda à resolução do problema. Isso foi feito apenas no momento em que ela passou a entregar os canudinhos aos grupos e foi dizendo qual o problema e como eles poderiam resolvê-lo. Como os estudantes estavam em suas equipes, alguns de costas para ela, devido à localização em que se encontravam no grupo, a apresentação do problema não aconteceu de forma adequada, pois a comunicação não chegou a todos da mesma forma.

Também foi assim que os vários QVL⁶ foram entregues a cada grupo, sem que os estudantes dessem a devida atenção. Ela explicou como eles deveriam utilizá-los, mas não teve o cuidado de explorar o significado dessa sigla para os estudantes. Ela falava como se eles já conhecessem tal recurso pedagógico.

Quanto à apresentação do problema, essa aplicação, embora tratando de uma única temática, envolveu mais de uma situação a ser resolvida pelos estudantes. Os problemas tinham como propósito levar os discentes à compreensão do agrupamento de dez em dez, como base para a compreensão do sistema de numeração decimal. No primeiro momento, a professora dividiu a sala em conjuntos de cinco estudantes e pediu que eles fizessem a contagem de uma porção de canudinhos, com quantidades predeterminadas por ela. Antes que os estudantes pensassem em como desenvolver a tarefa, a professora propôs que eles dividissem o material entre os integrantes da equipe, para facilitar a contagem, proposta que foi seguida por todos os grupos.

Terminada a contagem, a professora dirigiu-se a cada grupo e pediu que os estudantes dissessem a quantidade de canudinhos que haviam contado e explicassem como haviam chegado ao resultado,

⁶ QVL – Quadro Valor de Lugar, recurso pedagógico para o ensino de matemática. Aqui, trata-se de material alternativo feito de garrafas pet cortadas abaixo da metade, grampeadas entre si, com os nomes UNIDADE, DEZENA e CENTENA na parte superior externa. Esse material foi construído pelos próprios professores em um dos encontros do curso de Educação Matemática trabalhado no campo de pesquisa.

para que ela registrasse na lousa o numeral correspondente a cada um daqueles agrupamentos. À medida que foi passando nas equipes, constatou que eles haviam seguido a orientação dada *a priori*.

Eles haviam dividido os canudos com todos os membros, para que todos participassem da contagem. Concluída a tarefa, eles passaram a somar as quantidades de todos, para chegarem ao total de canudinhos da equipe. Como ainda tinham dificuldades em fazer tal operação, com mais de uma parcela, resolveram juntar novamente os canudos e chegaram ao resultado por meio da contagem, um a um. Alguns erraram porque fizeram a adição conforme a orientação da professora, quando só sabiam somar fazendo a contagem um a um. Isso pode ser visto nas seguintes situações, iniciando pelo grupo B, quando a professora passou verificando a solução encontrada e as estratégias utilizadas nessa equipe.

Professora: Qual o número que vocês encontraram?

Estudantes: Dezenove

Professora: Como foi que vocês contaram?

Estudante: Repartindo.

Professora: Ah? Repartiram? Cada qual contou uma... uma parte? Vocês lembram? Quantos você contou? [Dirigiu-se a um dos estudantes].

Aluno: Sete.

Professora: Sete! E você? Cinco? Quatro? [A professora foi repetindo os números, à medida que apontava para os estudantes, que iam dizendo baixinho a quantidade contada].

Professora: E você? Quatro? Aí vocês fizeram como, depois que cada qual ... vocês ...? Ele contou sete, ele cinco, ele quatro e ela quatro. Como foi que vocês fizeram?

Estudante: Nós misturamos.

Professora: Misturaram como? Juntaram tudo? Mas vocês foram só contando: sete mais cinco, mais quatro, mais quatro? Vocês descobriram que era dezenove? Descobriram? Ou tiveram que juntar tudo de novo, pra chegar a dezenove?

Estudante: Não!

Professora: Não? Pois falem pra tia como foi. [Os estudantes mantiveram-se calados].

Professora: Fala aí, E ... Vocês sabem que sete mais cinco, dá quanto?

Estudante: Doze.

Professora: Dá doze? Aí doze mais quatro? [Os estudantes falaram algo não compreensível, o que levou a professora a fazer outra pergunta].

Professora: Como foi que vocês chegaram a conclusão para saber que tinha dezenove palitinhos aqui? Vocês juntaram de novo, tudo junto, aí foram contando, como?

Estudante: De um em um.

Professora: De um em um? Depois que repartiram aí voltaram, aí contaram tudo de novo para saber quantos tinha, certo? Muito bem! Agora junta aí [a professora se dirigiu ao quadro para anotar o valor encontrado pelo grupo B]. Dezenove, o grupo B, dezenove – falou enquanto fazia o registro.

(1a aplicação da professora P1: 02/03/2004)

Percebe-se, nessa situação, a importância da postura docente na maturação, momento em que os estudantes se debruçam sobre o problema, conhecendo seus elementos e a questão a ser resolvida, quando é necessário que eles tenham a oportunidade de definir as hipóteses e estratégias que os ajudem na busca de solução para a situação apresentada.

Nessa experiência, a professora disse qual a estratégia que eles deviam utilizar, e essa não foi compatível com a maturidade deles. É tanto que só conseguiram dizer a quantidade de canudos quando recorreram à contagem um a um, não tendo, ainda, a habilidade de adicionar os numerais correspondentes a cada subgrupo de canudos, divididos segundo sua orientação. Nesse caso, a situação-problema estava adequada à turma, mas a intervenção feita pela professora fez com que os estudantes tivessem dificuldades em chegar à solução.

Para o estabelecimento de um contrato didático compatível com a Sequência Fedathi, é preciso que o docente reveja sua postura, às vezes, “generosa” de “ajudar” e dar dicas ou respostas a todas as perguntas ou questionamentos feitos pelos estudantes, ou sua postura autoritária, que não dá nenhum esclarecimento, não orienta quando eles estão com dificuldades. É preciso que ele invista na assunção de uma terceira postura, que se coloque na posição de instigador e dê aos educandos a oportunidade de investigar, a partir

da apresentação de questionamentos e contraexemplos, em situações de acertos, erros ou quando eles estiverem com dificuldades em solucionar o problema apresentado. É preciso que os estudantes se sintam desafiados e motivados a resolver o problema.

Tão importante quanto ficar apenas como observador, sem argumentar e sugerir em alguns momentos, é poder fazer a pergunta adequada para que a intervenção possa levar os estudantes a novas investigações, fazendo a revisão, a retomada do trabalho que já se conseguiu percorrer. Isso não ocorreu na situação apresentada. Os estudantes disseram que contaram separadamente sete, cinco, quatro e novamente quatro, que totalizava vinte canudinhos, e a professora não teve a atenção de comparar, naquele momento, os valores anunciados, de verificar o que havia ocorrido, de fazer perguntas que os levassem a perceber que haviam se equivocado. Ela fez o registro na lousa do numeral dezenove, referente à quantidade daquela equipe, sem questionar o porquê do total dezenove, se os numerais correspondentes a cada um não totalizavam esse valor, que ela mesma havia predeterminado no início.

A professora teve mais atenção quando foi ao grupo C, que também havia seguido sua sugestão de dividir os canudos para todos os estudantes e feito a contagem dos valores correspondentes a cada um, porém anunciaram um numeral diferente da quantidade que ela havia repassado para o grupo.

Professora: Quantos têm? [Dirigiu-se a todo o grupo]. Estudantes: Onze.

Professora: Onze? Como foi que vocês descobriram que deu onze?

Estudante: Dividimos.

Professora: Dividiram? Aí deu uma parte para cada um? Professora:

Quantos o E... contou? [A professora apontou para o estudante e depois para os demais, que foram dizendo a quantidade que haviam contado e ela foi repetindo]. Seis, três. E você? Estudante: Três também.

Professora: Foi? Ele contou seis, ela três e você três. Aí vocês descobriram que tinha onze? [O estudante confirmou balançando a cabeça] Só assim? Não precisou juntar não?

Estudante: Precizou, nós somemo e deu onze.

Professora: Como foi que vocês somaram?

Aluno: Nós juntemo três mais três aí era seis, mais seis onze.

Professora: Seis mais seis onze? Tem certeza? Conta aí pra tia.
Estudante: Um, dois três, quatro, cinco, seis, sete, oito, nove, dez, onze.
[Após a contagem dos canudinhos um a um, um dos estudantes demonstrou ter ficado surpreso porque a soma deu diferente da que eles haviam anunciado para a professora]

Professora: O E... contou quantos canudos?

Estudantes: Seis, três, três. [A professora apontou para cada estudante e eles repetiram o numeral referente a quantidade que haviam contado individualmente].

Professora: Mas, seis mais seis dá quanto? Vamos contar.

Estudante: Dá onze.

Outro estudante: Dá doze.

Professora: Hum! Dá doze? Então tem alguma coisa ... [dirigiu-se ao estudante que afirmou ser doze]. O E... não contou seis. Tu contou quanto? [Dirigiu-se ao estudante].

Estudante: Cinco [o estudante que dizia sempre ter contado seis, reviu sua contagem e disse ter contado cinco].

Professora: Ah! O E... contou cinco. Cinco. A R... contou três e a C... três. Ah! C..., vamos ver se realmente dá onze? [A estudante contou novamente de um em um os canudinhos até onze]. Certo. Então deu onze [...]. [A professora conferiu a soma junto com os estudantes até que eles chegassem à conclusão que haviam errado a contagem, quando diziam que *seis* mais *três* mais *três* dava onze, a partir do valor anunciado pelo aluno C].

(1a aplicação da professora P1: 02/03/2004)

Somente com as intervenções da professora é que os estudantes perceberam que haviam errado na contagem e concluíram que a soma dos numerais de canudinhos anunciada pelos três membros do grupo não correspondia à mesma dos canudos quando colocados todos juntos, ou seja, o agrupamento de onze canudos não correspondia às quantidades “seis” mais “três” mais “três”, com as quais eles pensavam ter ficado, no momento da contagem em separado. Na conversa que tivemos posteriormente com a professora, com base no vídeo apresentado sobre sua aula, ela ressaltou a relevância das intervenções feitas na aula, ao relatar:

Eu acho [...] que assistindo à fita, a gente pode ter, pode ter certeza que ajudou. As perguntas que eu fui fazendo, a gente viu que eles procuravam de uma forma ou de outra, até chegar o resultado. Então eu acho que incentivou eles a encontrar a solução.

(Análise a posteriori da 1ª aplicação da professora P1: 20/03/2004)

Terminada a contagem dos canudinhos nessa primeira atividade, a professora pediu que os estudantes, ainda em equipes, pegassem a mesma quantidade e fizessem agrupamentos de dez, quando possível, e depois distribuíssem essas quantidades nos QVL que ela havia deixado com cada grupo. Depois de alguns minutos, ela passou em cada equipe para verificar como os estudantes haviam feito a distribuição. A seguir, apresentamos um recorte da sua passagem novamente pelo grupo B.

Professora: Sobraram quantos aqui? [Apontando para o local das unidades no QVL, quando eles haviam colocado uma dezena no seu devido local].

Estudantes: Nove.

Professora: E se a tia colocasse mais um, ficava quantos?

Alunos: Dez.

Professora: Dez. Aí depois, o que vocês iam fazer?

Estudante: Amarrar.

Professora: Amarrar e botar onde?

Estudante: Aqui. [Apontando para o local das dezenas.]

Professora: Pois bota aí sem amarrar mesmo. [Um dos estudantes assim o fez]. Aí ficam quantos?

Estudante: Vinte.

Professora: Vinte? Vocês sabem representar vinte? [Os estudantes afirmaram balançando a cabeça]. E aqui não ficou nada? [Apontou para o local das unidades que ficara vazio, após o aluno ter levado o outro agrupamento de dez para a ordem das dezenas].

Estudante: Ficou zero.

Professora: Ah? Ficou zero? Quando não tem nada representa com zero?

Estudante: É.

Professora: Muito bem. E se a tia pegasse mais um canudinho aqui, ficava quantos? [Colocou um canudinho no local das unidades].

Estudantes: Um.

Professora: Uma unidade. Aí ficava... Juntando esse com esse ficava quanto, representando aqui? [Falou apontando para as dezenas e unidades e para o papel, onde eles estavam registrando os numerais encontrados].

Estudante: Vinte e um.

Professora: Ah? Vinte e um. Muito bem!

Professora: Se colocasse outro?

Estudante: [O aluno disse baixinho “vinte e dois”]

Professora: Vinte e dois [a professora repetiu]. E assim por diante, né?

Estudante: Quatro, vinte e quatro ...

Professora: Vinte e quatro ... Muito bem!.

(1ª aplicação da professora P1: 02/03/2004)

Nas duas últimas situações apresentadas, a professora fez sucessivas perguntas até que os alunos chegassem às suas próprias conclusões. No momento anterior, com o grupo C, ela queria que eles concluíssem que haviam errado no cálculo; já nessa última situação eles haviam feito a distribuição de forma correta no QVL, e ela resolveu fazer o reinvestimento, por meio de outras perguntas, para ver se os estudantes haviam realmente compreendido o fundamento da base dez, seu objetivo naquela aula, daí a sequência de várias perguntas.

No momento da prova, a professora também proporcionou aos estudantes momentos de reflexão sobre a base dez, a partir de situações de contagem, agora com a utilização de um QVL (na forma de quadro de pregas) afixado na lousa, construído a pedido da coordenadora pedagógica para um dos nossos encontros do curso, a partir de uma sugestão dada pelo formador. Com os mesmos numerais e quantidades utilizados nos grupos, a professora convidou alguns estudantes para fazer a representação, simplificando e dificultando o problema, de acordo com a atuação e o desempenho de cada estudante que foi ao quadro de giz.

A prova, que correspondeu ao aprofundamento da resolução do problema com o QVL afixado no quadro, ficou restrita à professora e a cada estudante que foi chamado à frente, o que fez com que a interação, tão importante nesse momento de socialização, tenha sido prejudicada. Deixou-se, também, de dar mais ênfase ao tema, ao principal motivo da aula, que se referia à base dez, que precisava ter sido formalizado com mais consistência nesse momento.

Considerações finais

Após a observação e análise da experimentação, como classificar a postura dos professores na aplicação da Sequência Fedathi?

Com base no trabalho desenvolvido pela professora P1, também considerando a experiência dos demais professores observados, não se pode fazer uma classificação exata da prática dos docentes participantes da investigação, tomando como parâmetro os exemplos de contrato didático definidos por Brousseau (Pais, 2001), apresentados na base teórica deste trabalho.

Diante da análise de suas ações pedagógicas percebemos que eles vivem uma situação paradoxal, entre ter a consciência e, às vezes, querer vivenciar um novo contrato didático e ficar presos aos velhos contratos, utilizados durante toda a educação básica, formação profissional e prática docente, considerando que a maioria já estava há mais de três anos desenvolvendo o trabalho docente.

Portanto, não podemos dizer que os professores se apresentam como únicos detentores de conhecimento, mantendo-se numa postura vertical em relação aos estudantes, como no primeiro exemplo de Brousseau; também não é possível afirmar que eles deixam os estudantes à vontade para aprender, sem fazer nenhuma intervenção, como no segundo exemplo; nem ainda classificá-los como mediadores do conhecimento, o ideal na concepção de Brousseau e na perspectiva da Sequência Fedathi.

Percebemos, na experimentação, uma vontade imensa de acertar, de trabalhar uma metodologia em que os estudantes

pudessem aprender mais e melhor. No entanto, uma mudança de prática não acontece da noite para o dia. Ela deve ser precedida ou caminhar simultaneamente a uma mudança de concepção, pois mudar a atuação em sala de aula não depende apenas de uma mudança na forma de organizar as turmas e da socialização de metodologias e uso de recursos didáticos.

A mudança na prática docente passa antes por uma maneira diferente de perceber a realidade, o que só acontece quando se passa a ver e compreender o mundo e a educação numa perspectiva diferente, inclusive reconhecendo a importância da Matemática para a leitura e melhor compreensão de mundo.

É importante ressaltar, também, que os avanços necessários ao contexto escolar não dependem apenas dos professores, não passam apenas por uma nova concepção docente, já que a escola não está isolada do contexto sociocultural e político da sociedade em que está inserida.

Nessa perspectiva, ao mesmo tempo em que é preciso um investimento do Estado na educação, com atenção especial para a formação inicial e continuada e remuneração dos profissionais docentes, há a necessidade de trabalhar a formação, também, de todos os segmentos que integram a comunidade escolar: gestores, funcionários, pais ou responsáveis e alunos. Sem um esforço consorciado desses sujeitos, torna-se difícil falar na melhoria da educação.

E isso só é possível a partir do estabelecimento de uma relação integrada entre aqueles que, mesmo em posições diferenciadas, buscam o mesmo objetivo, que é a educação das crianças e adolescentes, bem como a construção de dias melhores para a sociedade, que pode ter como via a transformação das práticas escolares.

É também imprescindível rever a estrutura e organização da escola. Torna-se contraditório, por exemplo, discutir o trabalho de mediação pedagógica do professor em sala de aula, se não discutirmos o número ideal de alunos em cada turma, para que seja desenvolvido um trabalho favorável à elaboração do diagnóstico dos estudantes e ao desenvolvimento de atividades para a superação das dificuldades.

Percebemos, assim, que a assunção de uma postura investigadora por parte dos estudantes passa por mudanças em vários aspectos, que envolvem o compromisso dos vários setores e atores responsáveis pela educação escolar, inclusive o professor, por meio da escolha de alternativas que vislumbrem a formação de pessoas críticas, que possam compreender e intervir na realidade, o que passa, também, pela compreensão e utilização adequada de conhecimentos matemáticos.

REFERÊNCIAS

BORGES NETO, H. *et al.* A Sequência de Fedathi como proposta metodológica no ensino-aprendizagem de matemática e sua aplicação no ensino de retas paralelas. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DAS REGIÕES NORTE E NORDESTE*, 15., 2001, São Luís. *Anais [...]*. São Luís, 2001.

BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais*: introdução. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria da Educação Fundamental, 1997a.

BRASIL. Secretaria da Educação Fundamental. *Parâmetros curriculares nacionais*: Matemática. Brasília: Ministério da Educação; Secretaria da Educação Fundamental, 1997b.

D'AMBROSIO, Beatriz Silva. Formação de professores de matemática para o século XXI: o grande desafio. *Proposições*, v. 4, n. 1, p. 35-41, 1993.

MOREIRA, A. F. B. *Currículos e programas no Brasil*. 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 1995. (Coleção Magistério: Formação e Trabalho Pedagógico).

PAIS, L. C. *Didática da matemática: uma análise da influência francesa*. Belo Horizonte: Autêntica, 2001. (Coleção Tendências em Educação Matemática, v. 3).

SILVA, B. A. da. “Contrato Didático”. In: MACHADO, S. D. A. *et al. Educação matemática: uma introdução*. São Paulo: Educ, 1999. p. 43-63.

SOUSA, F. E. E. de. *Formação contínua e mediação pedagógica no ensino de matemática*. 2005. 227p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2005.

O ENSINO DE NÚMEROS FRACIONÁRIOS NA FORMAÇÃO INICIAL DO PROFESSOR

CONTRIBUIÇÃO DA SEQUÊNCIA FEDATHI

*Maria José Costa dos Santos
Ivoneide Pinheiro de Lima
Francisco Herbert Lima Vasconcelos*

Introdução

Em pleno século XXI, o ensino de Matemática ainda apresenta muitos obstáculos, tanto de caráter didático quanto de caráter epistemológico.⁷ De teor didático, porque nem sempre o professor se apropria de métodos e técnicas mais adequados para estimular a aprendizagem. De feição epistemológica, pela necessária intervenção do estímulo às ideias matemáticas e dos conhecimentos a

⁷ Para Brousseau (1983), um obstáculo de caráter epistemológico é indispensável ao conhecimento, pois é aquele do qual não se pode fugir e que inicialmente é possível encontrar na história do conceito. Dessa forma, a noção de obstáculo pode ser utilizada para analisar a origem histórica de um conhecimento como o ensino ou simplesmente o desenvolvimento natural do aprendiz.

serem apreendidos. (Borges Neto; Santos, 2006). Dessa forma, esses obstáculos refletem diretamente na aprendizagem e no ensino dos conceitos matemáticos, cuja concepção tem sua confirmação na *práxis* das salas de aula, e precisam ser mais bem compreendidos para serem mais bem trabalhados.

Apresentamos aqui a Sequência Fedathi como uma nova visão no ato de *ensinar e aprender*, como um suporte teórico-metodológico com o objetivo de melhorar o ensino e a aprendizagem, especificamente, dos conteúdos matemáticos.

A Sequência Fedathi concebe o educador como o sujeito que pensa, reflete, pesquisa, que influencia e instiga os educandos, para buscar respostas e questionamentos para as situações matemáticas, pois visa tornar esses sujeitos ativistas de sua aprendizagem (Borges Neto *et al.*). Nesse sentido, aplicamos essa teoria no estudo de número fracionário para subsidiar a formação inicial do professor de matemática dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

Com esse fim, a pesquisa foi realizada com alunos do sétimo semestre do curso de Pedagogia da Universidade Federal do Ceará (UFC), matriculados regularmente na disciplina de Ensino de Matemática, no semestre 2005.2, participando assim, além do professor da disciplina, três formadoras.⁸ O estudo foi composto de aulas expositivas e oficinas pedagógicas fundamentadas na metodologia da Sequência Fedathi.

Estudo-piloto

Antes da realização do estudo aqui descrito, foram realizados três projetos-piloto⁹ nos semestres 2004.1, 2004.2 e 2005.1, com os alunos do curso de Pedagogia na disciplina de Ensino de Matemática.

Os resultados mostraram que os alunos, futuros professores de matemática, não tinham o domínio conceitual definido de fração.

⁸ Maria José Costa dos Santos, Ivoneide Pinheiro de Lima e Elizabeth Matos Rocha.

⁹ Atividades testadas em turmas de 2004 e 2005 na mesma disciplina.

Eles possuíam certo nível cognitivo sobre a temática, contudo, decorrente do convívio social e da formação escolar que tiveram. Tais conhecimentos estavam aquém do que esperávamos. Além do mais, apresentavam dificuldades também em Aritmética e Geometria.

Com esse diagnóstico, foi possível elaborar e desenvolver *sessões didáticas* utilizando como suporte metodológico a Sequência Fedathi, no intuito de amenizar essa realidade para o estudo de frações.

Dinâmica da Sessão *didática* de frações¹⁰

O estudo teórico de frações foi apresentado de forma expositiva, buscando trabalhar as etapas da Sequência Fedathi. A aula iniciou com a *tomada de posição* a partir dos seguintes questionamentos aos alunos: O que é uma grandeza? O que é uma grandeza discreta? O que é uma grandeza contínua? O que é número fracionário? De onde veio? Nesse sentido, a ideia central era desencadear ações dos alunos, a fim de provocar os *desequilíbrios/equilíbrios* cognitivos necessários para a sua aprendizagem (Santos, 2007).

Foi dado um tempo aos alunos para que pudessem refletir sobre os questionamentos, o que sinalizou a fase de *maturação*, que representa o momento de refletir, pensar, questionar, levantar hipóteses, relacionar-se com a situação problema em busca de possíveis resoluções. Os alunos ficaram à vontade para dialogarem entre si antes de expor os seus conhecimentos.

As respostas que eles nos deram foram muito curiosas e preocupantes, pois eles falaram que fração *era uma parte quebrada* ou *um número fracionário*, mas objetivamente eles não sabiam as características essenciais do conceito de frações. Contudo, quando fomos solicitadas, demos alguns contraexemplos, como explicar que inicialmente uma fração pode ser representada pela divisão em partes iguais de um bolo, ou uma pizza e outras situações.

¹⁰ Durante a Sessão Didática, compreender a legenda a seguir F – formadora; A – aluno; P – professor.

Tentamos, assim, subsidiar e esclarecer as hipóteses para dar suporte aos futuros professores na construção desses conceitos com base na *tomada de posição*, fase inicial. Embora nos abstivéssemos de fornecer os conceitos, incitamos a sua construção. Com essa compreensão, nos episódios a seguir, podemos observar, por meio dos diálogos estabelecidos entre formadoras e os futuros professores, a construção de conceitos fracionários. Com isso, seguimos com a terceira fase da Sequência Fedathi, que trata da apresentação da *solução* pelos sujeitos. O trecho a seguir apresenta a discussão realizada em sala de aula:

Aluno – Eu acho que quando for trabalhar com crianças as grandezas discretas não usar balas, porque a ideia da criança que a bala pode ser dividida.

Professor – Quando você começa a trabalhar com a grandeza discreta dos números inteiros qualquer experiência que você vai fazer com a criança vai dar certo. É só contar, juntar, acrescentar, tirar. Quando você trabalhar com fração, já é um pouco diferente do número inteiro, porque não é todo experimento que vai dar certo. No caso das balas é preciso fazer a mediação pedagógica com o estudante, acrescentando as regras que você quer que ele faça a atividade.

No caso das balas, você não quer que ele divida a bala. Você não pode dizer: não pode dividir a bala, porque na hora que você fizer com o bolo ele vai dizer: não pode também dividir o bolo. Então você não faz nada. Então você tem que fazer com ele é mediação de forma que não atrapalhe o experimento.

No caso da bala você diz que só quer a bala enrolada no papel. Você está colocando uma regra a mais de modo que seu experimento vai funcionar. No caso do bolo se ele disser que não quer cortar o bolo, você terá que fazer uma mediação com ele de modo que o aluno aceite cortar o bolo. De modo geral, quando você for trabalhar com o número fracionário, faça com as regras bem definidas. [...]

Formadora – Será que a criança vai pensar assim?

Aluno – Sim.

Aluno – O que complicou pra gente que já conserva, que tem reversibilidade, é trabalhar com alimento.

Professor – O que é importante é que a regra tem que ser bem definida. Então a diferença da fração para o número inteiro é que a fração não é todo objeto que você pode fazer experimento. Se você pegar o lápis e cortar ainda será lápis, mas se você cortar uma caneta, uma das partes perde a função de caneta.

Após essa etapa, foram dados encaminhamentos para a formalização do conceito, que é a parte final da Sequência Fedathi denominada de *prova*. Vale ressaltar que juntos, a formadora e os alunos, confrontaram entre si suas hipóteses e respostas. O trecho a seguir retrata a conversa que pontuou essa fase.

Aluno – Fração é parte de um inteiro.

Aluno – Uma parte do todo.

Formadora – O que é o todo?

Aluno – Grandeza.

Podemos perceber que, aplicando a Sequência Fedathi no estudo dos números fracionários, temos um resultado diferenciado, pois, no final da aula, um aluno expôs a seguinte definição:

Número fracionário é um número resultante de duas operações sucessivas e ordenadas sobre uma grandeza (um objeto), ou seja, dividir um todo em partes iguais, sendo cada uma das partes as unidades fracionárias, então, considerar uma ou mais unidades fracionárias tomadas desse todo inicial.

Com isso, o ensino de números fracionários por meio de descobertas, instigou o desenvolvimento lógico-matemático dos futuros professores e possibilitou mostrar a relevância da prática investigativa em uma ação reflexiva, visando a uma relação entre professor-conteúdo-aluno, que deve ser dialógica utilizando a Sequência Fedathi (Santos, 2010).

Considerações finais

Compreendemos, por meio dessa sessão didática, com base nas fases da Sequência Fedathi, que todo trabalho com fração deve ser feito pelo aluno, com a mediação do professor. Antes de qualquer

abordagem conceitual em sala de aula, o professor deve realizar uma sondagem sobre os conhecimentos prévios do aluno a respeito da temática em foco. É recomendável que se utilizem materiais concretos como réguas de frações, discos de frações, escala *cuisenaire* e outros, e só depois deve se partir para a construção abstrata dos conceitos.

A não compreensão conceitual dos números fracionários pelos futuros professores na educação básica decorre da maneira como esse conteúdo é trabalhado no contexto escolar, de forma pronta e acabada, referendada por regras e fórmulas sem a devida compreensão e sem ou com pouquíssima relação com o cotidiano.

Os futuros professores, até então, tinham essa concepção, que não proporcionava a construção conceitual dos números fracionários de forma efetiva. Desse modo, após o estudo, sentimos as mudanças de comportamentos dos futuros professores que demonstraram um pensamento mais elaborado sobre o tema enfocado. Percebemos que a maior dificuldade foi o não entendimento dos conceitos e a não compreensão das estruturas que envolvem a relação *todo/partes*.

Portanto, constatamos que o ensino de números fracionários exige que se busque conhecer o nível cognitivo dos alunos, como a noção de divisão, medidas e grandezas, buscando, em seguida, explorar diferentes possibilidades de trabalhar esse conceito em sala tendo o professor a postura proposta pela Sequência Fedathi.

REFERÊNCIAS

BORGES NETO, H.; SANTOS, M. J. C. dos. O desconhecimento das operações concretas e os números fracionários. In: BORGES NETO, H.; SANTOS, M. J. C. dos. *Entre Tantos: diversidade na*

pesquisa educacional educacional. Fortaleza: Editora UFC, 2006. p.190-199. v. 1.

BORGES NETO, H. *et al.* A Sequência de Fedathi como proposta metodológica no ensino-aprendizagem de matemática e sua aplicação no ensino de retas paralelas. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DAS REGIÕES NORTE E NORDESTE*, 15., 2001, São Luís. *Anais [...]*. São Luís, 2001.

SANTOS, M. J. C. dos. O ensino de fração por meio de oficinas pedagógicas: uma análise do desenvolvimento profissional na formação inicial do professor do ensino fundamental. *In: ENCONTRO DE PESQUISA EDUCACIONAL DO NORTE E NORDESTE*, 12., 2005, Belém. *Anais [...]*. Belém, 2005.

SANTOS, M. J. C. dos. *Reaprender frações por meio de oficinas pedagógicas*: desafio para a formação inicial. 2007, 134 f. Dissertação (Mestrado em Educação Brasileira) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

SANTOS, M. J. C. dos. *Reaprender frações por meio de oficinas pedagógicas*. Agbook, 2010. 210p.

A SEQUÊNCIA FEDATHI NA ELABORAÇÃO DOS CONCEITOS DE GEOMETRIA NA FORMAÇÃO INICIAL DO PEDAGOGO

Ivoneide Pinheiro de Lima

Elizabeth Matos Rocha

Maria José Costa dos Santos

Francisco Herbert Lima Vasconcelos

Introdução

Apresentamos, neste capítulo, um recorte da pesquisa de dissertação de mestrado desenvolvida na Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará, cujo título foi “A matemática na formação do pedagogo: oficinas pedagógicas e a plataforma TelEduc na elaboração dos conceitos”, referenciada pela Teoria Sequência Fedathi.

Esse recorte focaliza o estudo de Geometria utilizando oficinas pedagógicas e a plataforma virtual TelEduc/Multimeios com alunos do curso de Pedagogia na disciplina Ensino de Matemática nas séries iniciais do Ensino Fundamental, ministrada no semestre 2006.1.

Problemática da pesquisa

A Matemática, de modo geral, sempre foi considerada disciplina de difícil entendimento, tanto por parte de quem ensina como também de quem aprende, por isso os índices de reprovação e evasão escolar são elevados (SAEB,¹¹ 2007 e 2009). De acordo com Machado (1989, p. 9), “as dificuldades intrínsecas somam-se às decorrentes de uma visão distorcida da matéria, estabelecidas muitas vezes desde os primeiros contatos”. Isso acaba por se tornar um obstáculo difícil de ser superado pela maioria dos estudantes durante sua vida escolar.

Essa aversão em relação à Matemática é facilmente percebida nos alunos do curso de Pedagogia. Para agravar a situação, estudos como de Reges; Barreto (2005) e Borges Neto *et al.* (2005) constatarem o fato de que a matriz curricular dos cursos de Pedagogia, de modo geral, oferece uma única disciplina do currículo que aborda especificamente a Matemática. As pesquisas ainda revelam que os futuros pedagogos não estão preparados para ensinar Matemática nos anos iniciais do Ensino Fundamental, tendo em vista que demonstram muitas dúvidas e insegurança no que se refere aos conceitos matemáticos e aos procedimentos adotados.

Por outro lado, as universidades brasileiras não têm assegurado a qualidade do processo de formação do professor de Matemática, não sendo difícil encontrar docentes em efetivo exercício da docência, principalmente no primeiro segmento do Ensino Fundamental, os quais não dominam conceitos matemáticos básicos, em especial de Geometria.

No que se refere à matriz curricular do curso de Pedagogia da Universidade Federal do Ceará, observa-se a oferta de uma única disciplina obrigatória de matemática, com carga horária de 80 horas-aula, denominada *Ensino de Matemática nas séries iniciais do Ensino Fundamental*, cujo conteúdo é extenso para um único semestre: educação matemática, conceito de número natural, sistema

¹¹ Sistema Nacional de Avaliação da Educação Básica.

de numeração decimal, as quatro operações fundamentais, números fracionários, medidas, geometria e jogos matemáticos, representando assim, um tempo exíguo para que se possa contornar a falta de conhecimentos básicos e o alto índice de desafeto ou indiferença em relação a essa área.

A disciplina procura retomar os conceitos, trabalhando, de forma superficial, os pontos mais relevantes dos primeiros anos do Ensino Fundamental. Com isso, é deixado de lado um maior aprofundamento dos conceitos matemáticos e de suas relações com outras áreas de conhecimento. Isto acontece porque se parte do princípio de que os alunos já sabem os conteúdos, precisando apenas ser trabalhada a metodologia. Trata-se, porém, de um grave engano, pois estudos, como Reges e Barreto (2005), mostram que os pedagogos têm grande dificuldade com a Matemática, particularmente com a Geometria.

É uma situação delicada, que não pode ficar à margem do processo de ensino e que requer meios eficazes para sua resolução, no que se refere a melhorar os conhecimentos matemáticos dos acadêmicos em Pedagogia, em sua práxis. Além do mais, não podemos formar professores apenas em conhecimentos específicos, pois há, também, a necessidade de trabalhar competências, habilidades e valores essenciais para a vida em sociedade.

É nesse quadro problemático que emerge o seguinte questionamento: que conhecimentos detêm alunos de Pedagogia acerca dos conceitos matemáticos dos anos iniciais do Ensino Fundamental referentes à Geometria? Qual a contribuição das oficinas pedagógicas e da plataforma TelEduc/Multimeios na construção dos conceitos de Geometria na perspectiva da Sequência Fedathi?

Diante desses questionamentos, foi elaborado o seguinte objetivo, que direcionou toda a pesquisa: investigar a relevância da aplicabilidade de oficina pedagógica e da plataforma educacional TelEduc/Multimeios sob o enfoque da Sequência Fedathi, na elaboração de conceitos de Geometria na formação inicial do pedagogo.

Desenvolvimento da pesquisa

O trabalho se caracteriza como uma pesquisa qualitativa mediante uma intervenção, de natureza de pesquisa-ação, com 42 graduandos do sétimo semestre, matriculados para o semestre 2006.1, na disciplina *Ensino de Matemática nas Séries Iniciais do Ensino Fundamental*, no turno diurno, oferecido pelo curso de Pedagogia da Universidade Federal do Ceará – UFC.

Para André (1995), a pesquisa-ação é um processo científico de investigação que possibilita aos práticos estudarem cientificamente seus problemas; envolve um plano de ação, a fim de orientar, corrigir e avaliar suas ações e decisões. Esse tipo de pesquisa caracteriza-se como uma ação sistemática e controlada, desenvolvida pelo próprio pesquisador. O plano de ação se baseia em objetivos, em acompanhamento e controle da ação planejada e no seu relato concomitante. Ensina Haguette (1992, p. 117) que a intervenção é a principal característica em uma pesquisa dessa natureza,

A pesquisa-ação, como método de abordagem do real, tem sido informada pelos mais variados matizes teóricos. Sua principal característica, a intervenção, se presta tanto a ações integradoras quanto à autorregulação do objeto de estudo (grupo, instituição, movimento social, indivíduo) e a mudanças não radicais, como a constatação das estruturas, e à luta por transformações revolucionárias.

Para a delineação do quadro conceitual sobre o tema, foi desenvolvida, desde o princípio da investigação, uma pesquisa bibliográfica com base em leituras, discussões e reflexões de conteúdos elaborados sobre o assunto, utilizando livros, *sites*, artigos científicos e outros relevantes para a área.

A pesquisa-ação, segundo Gil (1996), é essencial para qualquer pesquisa científica e refere-se ao levantamento teórico acerca do assunto em foco, a partir de material elaborado e publicado. Para Lakatos; Marconi (1991), a pesquisa bibliográfica não representa mera repetição do que foi dito ou escrito sobre certo assunto, mas

proporciona uma discussão mais detalhada a respeito do tema sob nova perspectiva, chegando a conclusões inovadoras.

Para viabilização da investigação, os graduandos assinaram um termo de consentimento, em que autorizavam a utilização dos dados coletados, ficando assegurado o anonimato dos alunos, que passaram a ser identificados como Aluno 01, Aluno 02, ..., Aluno 42, respeitando-se o gênero de cada participante.

A disciplina contou com o professor titular e três formadoras, denominadas F1, F2 e F3. As formadoras F1 e F2 eram formadas em licenciatura em Matemática; F3, em licenciatura em Pedagogia. As F1, F2 e F3 foram alunas do Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Educação – Faced da UFC, cujos objetos de pesquisa foram inseridos nos conteúdos dos anos iniciais em Matemática.

A pesquisa foi desenvolvida em quatro momentos: 1) Pré-teste; 2) Aula teórica; 3) Oficina pedagógica e 4) TelEduc/Multimeios. O experimento foi filmado, e foram feitas anotações no diário de campo. O pré-teste, as observações realizadas, as imagens gravadas, o resumo das aulas depositado no portfólio e a oficina pedagógica deram suporte à análise.

Aplicação da Sequência Fedathi no ensino de Geometria

A dinâmica desenvolvida em cada um dos quatro momentos procurou reaver os significados mais elementares ou fundamentais do conteúdo de Geometria, baseando-se na compreensão e reflexão de um ensino voltado para uma aprendizagem contínua e gradual, em que os assuntos fossem retomados gradativamente, de acordo com as necessidades do grupo e o grau de maturidade física, psicológica e cognitiva dos agentes envolvidos. Desse modo, os tópicos a seguir descrevem as etapas da Sequência Fedathi com cada momento proposto na metodologia.

Cada momento pode se confundir com as outras etapas, pois, em determinadas situações, elas são tão próximas que, muitas vezes,

surgem simultaneamente. É preciso que o estudante passe por todas esses níveis, mesmo aqueles que possuem um raciocínio mais elaborado, e busquem vencer alguma etapa, com o objetivo de o educador analisar todo raciocínio do aluno e não somente o produto final.

a) Tomada de posição – Pré-teste

O pré-teste foi constituído por cinco questões e aplicado no dia 11/07/2006. Esse procedimento representou a tomada de posição da Sequência Fedathi, cujo intuito era conhecer os conhecimentos prévios dos licenciandos. Participaram 29 alunos, e não foi exigida no instrumento a identificação dos mesmos, a fim de preservar o anonimato.

A primeira questão questionava o que era maior: sua idade ou o tamanho do seu pé. A atividade teve como objetivo identificar se os alunos eram capazes de perceber que as grandezas tempo e comprimento são incompatíveis, sem unidade de comparação. Responderam incorretamente à questão 62% (18) dos alunos, cujas respostas indicavam a idade ou o tamanho do pé como o maior.

As análises denotam que os graduandos manifestaram suas respostas induzidos apenas pelo aspecto quantitativo do teor da pergunta, sem observar que duas grandezas só podem ser comparadas se forem de mesma natureza, ou seja, homogêneas, como dois comprimentos ou dois volumes (Lima; Bellemain, 2002).

As respostas dos alunos deixam evidentes o desconhecimento e as incertezas que circundam a ideia de comparação de grandezas. Essa realidade indica a necessidade de um tempo maior, para que seja possível aprofundar mais esse conhecimento. Para justificar melhor esse pensamento, vejamos a seguir as respostas de alguns alunos: “meu pé porque é número 39 e idade 21”; “a minha idade. Por comparação dos números ou grandezas”; e “se eu for comparar os números 35 (tamanho do meu pé) e 24 (minha idade) vou dizer que é o tamanho do meu pé”.

Com relação à segunda questão, perguntamos o que era medir. A questão teve o intuito de identificar qual o entendimento

dos alunos acerca da ação de medir. Todos responderam, mas apenas duas soluções foram um pouco mais consistentes do ponto de vista matemático, pois impuseram a condição da unidade de medida e sua adequada comparação com a grandeza a ser medida. Os demais alunos deram respostas evasivas do tipo: “medir significa tirar alguma informação de um determinado objeto”; “verificar o tamanho de algum objeto, substância ou qualquer outro objeto”; e “limitar uma distância, o tamanho de algo”.

Um olhar mais criterioso sobre essa resposta remete à realidade de que é preciso dar mais ênfase a essas questões na escola de ensino básico, pois, do contrário, como é possível conseguir autonomia do aluno nesse conhecimento, se o próprio professor não tem conhecimentos sólidos acerca dessa questão, do ponto de vista matemático?

A terceira questão enfocou transformação de unidades, seguida de um cálculo da subtração, com a seguinte situação-problema: sabendo-se que André tem 163cm e que Paulo tem 1520mm, calcule a diferença das suas alturas. Apenas 48% (14) dos discentes fizeram a adequada transformação de unidades, realizando, posteriormente, a diferença entre as alturas fornecidas. Esse resultado não é surpresa, considerando-se a forma tradicional como é trabalhado o conteúdo de medidas na escola, em especial, das transformações de unidades.

A quarta questão indagava se existia diferença entre superfície e área. A atividade foi elaborada no mesmo viés de percepção abordada nos livros didáticos em Matemática para alunos do 6º ano do Ensino Fundamental, quando se afirma que a área é o número relativo à determinada superfície.

Sem levarmos em conta o rigor matemático implícito nessa discussão, tanto sob o enfoque didático, quanto matemático, constatamos que somente 35% (10) dos graduandos identificaram área como sendo um espaço delimitado e, portanto, passível de quantificação. Esse resultado era esperado, pois os estudantes fazem muita confusão entre esses dois conceitos. O assunto é muito complexo e produz muitas dúvidas, sobretudo, se forem solicitados os cálculos da área e do perímetro.

A quinta e última pergunta buscou analisar o nível de percepção dos alunos acerca do conceito de área. A questão apresentava duas figuras distintas, cada uma formada por sete peças do Tangram.¹² A atividade solicitava a relação existente entre as duas figuras quando se tratava de área e de perímetro.

Esperávamos que os alunos percebessem que, embora o contorno das figuras mudasse, com possibilidades de perímetros diferentes, a área permanecia igual. Naquela que achávamos que seria a questão com maior índice de acertos, constatamos que 69% (20) dos alunos deram respostas erradas, tais como “poderia utilizar a comparação das larguras”; “comparar a área, calculando ou comparando as figuras”; e “utilizar as figuras geométricas e relacionar as suas áreas. Assim é possível medir ou quantificar”.

Os resultados das análises evidenciam o desconhecimento acentuado dos discentes acerca da temática, aumentando a responsabilidade do papel do curso de Pedagogia para a elaboração de meios que melhorem o conhecimento dos seus alunos sobre essa questão.

A etapa da tomada de posição foi importante, pois nos possibilitou fazer realinhamentos na aula teórica, buscando explorar cada tópico de forma mais consistente, para minimizar as dificuldades dos alunos.

b) Maturação – Aula teórica

A aula teórica foi realizada nos dias 18/07 pelas três formadoras F1, F2 e F3, abordando oralmente a ideia de dimensão, grandeza física e não física, conceito de medir, história da medida, grandeza comprimento, perímetro, polígono, área, superfície, volume, capacidade, massa e peso.

A aula teórica representou a **maturação** da Sequência Fedathi, que consistiu na compreensão e identificação das variáveis

¹² Tangram é um jogo chinês, formado por sete peças: 2 triângulos grandes, 2 pequenos, 1 médio, 1 quadrado e 1 paralelogramo.

envolvidas no estudo de Geometria. A intenção era fortalecer os conhecimentos dos alunos acerca dos conceitos de Geometria. Com duração de 05h/aula, teve a presença de 23 alunos.

Um dos pontos que chamaram bastante a atenção dos discentes foi descobrir que o homem utilizava o próprio corpo para fazer medição, o que acentua ainda mais a noção de que os conhecimentos que eles têm a respeito de medidas são elementares. Os relatos a seguir justificam esse aspecto:

[...] trouxe curiosidades de medidas que eu realmente desconhecia e achei muito interessante: o cúbito egípcio, tamanho relativo do cotovelo até o dedo médio do faraó; e a jarda, medida da distância da ponta do nariz do rei Henrique I até a ponta do indicador com o braço estendido (Aluna 12, portfólio, 26/07/2006)

[...] por estes exemplos vimos que o corpo humano sempre foi usado como medidas das coisas: o palmo, a polegada, o passo, o tamanho do pé, foi bastante interessante saber que o corpo humano sempre foi usado como meio para medir as coisas (Aluna 15, portfólio, 26/07/2006).

Outro ponto que também deixou os alunos perplexos foi descobrir que a Geometria e as medidas estão ligadas. As falas dos alunos destacam esse aspecto: “[...] percebemos o quanto o assunto medidas está relacionado com a geometria e pode ser trabalhado em sala de aula sincronicamente” (Aluna 32, portfólio, 01/08/2006); “[...] os conceitos de geometria associados às medidas” (Aluna 33, portfólio, 29/07/2006); e “[...] as medidas estarem casadas com a geometria” (Aluna 12, portfólio, 23/07/2006). Esse comportamento é compreensível, pois, ao longo dos tempos, a Matemática é trabalhada de forma muito fragmentada, dividida em três grandes blocos, como Aritmética, Álgebra e Geometria, sem nenhum vínculo entre si.

As observações mostram que os alunos ficaram confusos ao tentar compreender os conceitos explorados na aula, em especial medir área e superfície, o que mostra que são pontos que precisam

ser mais bem trabalhados: “[...] a medição parece complicada em definição, mas quando verificamos na prática fazemos medições várias vezes sem nem perceber [...]”; “A partir de estudos de grandezas e formas de medições, adentramos do tópico geometria e então partimos para a diferença entre área e superfície, o que ficou bastante confuso para nós” (Aluna 32, 01/08/2006).

O domínio da Matemática, a utilização de objetos cotidianos integrados às vivências das crianças é essencial para trabalhar os conteúdos da Geometria e das medidas. Reflexões como essas são observadas nos relatos e exibem a repercussão que as discussões em sala proporcionam na formação inicial dos alunos. A redação a seguir ilustra isso:

[...] percebi que para trabalhar esse tema em sala de aula exige que o professor tenha bastante domínio, além disso como se trata de um tema bem abstrato o professor deve buscar ver quais as vivências que o aluno traz do seu cotidiano em relação a medidas e comprimento, para que deste modo o aluno comece a absorver tais conhecimentos de forma prática. O importante seria que ele percebesse como estes conceitos estão presentes na sua vida cotidiana, para que assim haja um aprendizado satisfatório (Aluna 38, portfólio, 24/07/2006).

As discussões proporcionaram uma reflexão, tanto em conteúdo como em metodologia, trabalhando questões essenciais para a formação do pedagogo. Eis alguns relatos:

[...] destacou a importância de trabalharmos com os alunos a partir da utilização de materiais (régua, fita métrica), pois tais instrumentos, sendo manuseados, facilitam a compreensão. A aula foi muito interessante e teve como mensagem principal o cuidado que devemos ter ao ensinar tal conteúdo a crianças, devendo partir sempre do cotidiano, do concreto para o abstrato. (Aluna 33, portfólio, 29/07/2006)

[...] nessa aula, pude conhecer as medidas não convencionais e convencionais, bem como trabalhar com diferentes tipos de

medidas, tais como as de comprimento, de tempo e capacidade (Aluna 24, 28/07/2006).

Após o evento, ficou combinado que a própria turma realizaria oficinas pedagógicas. Esse momento representou a **solução da Sequência Fedathi**, que consistiu na representação e organização de esquemas/modelos pelos alunos, a partir da compreensão dos conceitos trabalhados na aula teórica.

c) Solução – Oficina pedagógica

A oficina pedagógica foi aplicada no dia 25/07 com 32 alunos presentes em sala. A oficina pedagógica foi realizada por dois grupos de alunos denominados Euclides, com 6 componentes, e Lagrange, com 7 membros.

Para realização da oficina pedagógica, as formadoras tiveram dois encontros com cada uma das equipes: Euclides e Lagrange. Ambas trouxeram diferentes materiais pedagógicos para a sala de aula. Além de desenvolverem atividades práticas baseadas na aula teórica, também trabalharam outros conceitos, ampliando o conhecimento dos alunos. As equipes elaboraram e confeccionaram diversos materiais alternativos de baixo custo, utilizando sucatas e materiais simples do dia a dia.

Essa fase caracterizou-se pela possibilidade de proporcionar aos alunos de Pedagogia, por meio de estudos e orientações, a valorização de estratégias alternativas de ensino e o aperfeiçoamento de sua prática pedagógica futura, a partir da reflexão *na e sobre a ação* (SCHÖN, 2000), que possibilite uma mudança de atitude; a recuperação do caráter investigativo; e a motivação para realizar atividades opcionais no ensino/aprendizagem.

As propostas de atividades das equipes foram boas, no entanto, a primeira equipe saiu-se melhor do que a segunda, pois a participação dos alunos foi bem mais intensa e dinâmica, diferentemente da segunda equipe, que foi mais tranquila, com pequenas intervenções dos alunos.

A equipe Euclides cometeu duas falhas: a primeira, ao propor a atividade para calcular o volume da batata, quando a aluna se confundiu e pediu para calcular área da batata, mas, no mesmo instante, percebeu seu engano e se corrigiu, solicitando à turma o cálculo correto; a segunda foi no estudo da medida e das posições dos segmentos consecutivos, quando a aluna fez confusão entre os segmentos colineares e não colineares, sendo corrigida pelos outros componentes da equipe.

O tempo destinado a cada equipe foi muito curto, prejudicando o desenvolvimento das atividades, conforme depoimento: “achei que houve por parte da equipe falta de programação em relação ao tempo” (Aluna 21, portfólio, 25/07/2006), mas, mesmo com a limitação do tempo, as equipes demonstraram que estavam bem organizadas e seguras no desenvolvimento das atividades. Essa observação é confirmada pelos seguintes comentários: “[...] Eu gostei de mais da oficina de geometria as meninas deram realmente conta do recado” (Aluna 03, portfólio, 26/07/2006); “[...] adorei as duas oficinas, pois foram muito bem trabalhadas e transmitidas. O empenho das alunas foi muito grande, pois as apresentações foram ótimas” (Aluna, portfólio, 25/07/2006); e

[...] esta oficina trabalhou bem mais coisas, foram tantas as possibilidades mostradas que não tive tempo de descrevê-las todas. Parabéns para as duas equipes! As apresentações de ambas foram divertidas, criativas e deu pra ver o empenho com que cada participante trabalhou para a realização das mesmas. (Aluna 11, portfólio, 25/07/2006).

As equipes Euclides e Lagrange manifestaram suas reflexões acerca da importância do estudo que fizeram para planejamento da oficina, pensando na formação inicial e na prática docente futura dos colegas. Os seguintes comentários evidenciam esse aspecto:

Tentamos trazer para a sala de aula atividades lúdicas e situações cotidianas nas quais as crianças pudessem perceber a presença das medidas, pois o que observamos é que o pouco interesse

dos alunos pela matemática ocorre em virtude da abordagem do educador está desvinculada do contexto vivenciado pelos alunos. Nesse sentido trouxemos para compartilhar com o restante da turma atividades prazerosas que envolveram música, dança, dramatização, jogos. Espero que vocês tenham gostado, pois preparamos a oficina pensando na necessidade futura que teremos no próximo semestre nos estágios ou se estivermos trabalhando e é sempre bom ter uma atividade prática e diferente para trabalhar com as crianças sem esquecer que elas adoram esse tipo de atividade. Assim, espero que tenhamos contribuído para a formação dos participantes desta disciplina. (Aluna 03, portfólio, 26/07/2006).

Fizemos uma breve exposição dos conteúdos sobre Geometria, para sistematizar o que iríamos fazer depois. Considerando o caráter de construção que a oficina deve ter, estimulamos situações concretas para manipulação, classificação, seriação e reflexão não só do conteúdo pedagógico da Geometria, como também ao trabalharmos com jogos cooperativos estamos motivando os alunos a agirem com mais responsabilidade com o outro, evitando pequenas guerrilhas em sala de aula. Aprendendo a trabalhar com o outro e não contra o outro. Pois no jogo cooperativo, ou todos ganham ou todos perdem. O aprendizado da cooperação leva tempo. Quisemos demonstrar que é possível fazer bom uso de métodos que promovam valores de paz e que podem ser utilizados para ensinar diversos conteúdos. Foi muito bom participar dessa equipe. Adorei esse assunto. E posso dizer que cresci como pessoa. (Aluna 08, portfólio, 25/07/2006).

Os depoimentos são muito relevantes, revelando o que significou a oficina para cada uma delas. Cada equipe se preocupou em levar para a classe atividades que favorecessem a criatividade, a curiosidade e o dinamismo, tão ausentes do ensino de Matemática.

Os alunos, em geral, gostaram bastante do desempenho das duas equipes. As seguintes falas expressam a avaliação que fizeram da oficina: “adorei as duas oficinas, pois foi muito bem trabalhada e transmitida. O empenho das alunas foi muito grande, pois as apresentações foram ótimas” (Aluna 07, portfólio,

25/07/2006); “a apresentação de ambas foram divertidas, criativas e deu pra ver o empenho com que cada participante trabalhou para a realização das mesmas” (Aluna 11, portfólio, 25/07/2006); e

gostei das brincadeiras e das atividades sugeridas como o peixinho de origame que se pode trabalhar as formas geométricas, assim como as medidas. Também a música das caveiras para trabalhar as medidas de tempo e o dominó que se pode trabalhar todas as medidas e usar a criatividade com as crianças (Aluna 14, portfólio, 25/07/2006).

d) Prova – Plataforma TelEduc/Multimeios

Ao final da aula teórica e da oficina pedagógica, os alunos produziram e depositaram no Portfólio ou no Diário de Bordo um resumo reflexivo das principais ideias tratadas, expondo o seu ponto de vista em termos de aprendizagem. O propósito dessa solicitação era a apresentação e formalização dos conceitos trabalhados nas três etapas anteriores, representando assim a **prova da Sequência Fedathi**.

As atividades eram totalmente compartilhadas com os demais participantes do curso, tanto para os demais alunos, formadoras e professor, no sentido de socializar e/ou comentar os trabalhos, pelos demais. As sugestões e as críticas da disciplina também foram depositadas nessas duas ferramentas.

Considerações finais

O grande desafio desta investigação foi a efetivação da Teoria Sequência Fedathi no sentido de propiciar aos licenciandos – professores em formação – uma reflexão sobre as práticas pedagógicas em Matemática, no sentido de promover outra perspectiva ao ensino dessa disciplina, na descoberta de novos enfoques e o favorecimento de experiências mais relevantes para a aquisição dos conceitos.

O experimento detectou alguns pontos que precisam ser revistos para a próxima turma. É importante dar mais ênfase às

transformações de medidas e exigir das equipes a entrega antecipada, analógica e digital, dos seus planejamentos.

Fazendo uma análise comparativa entre os conhecimentos dos estudantes no pré-teste e depois do experimento, podemos assinalar que houve um crescimento significativo na compreensão do assunto trabalhado. O importante é que os alunos vejam o ensino de Geometria e medidas com nova perspectiva, como disciplina dinâmica inserida no seu cotidiano, ajudando a viver e a compreender melhor a vida. O uso da Sequência Fedathi teve a pretensão de contribuir para a formação inicial do pedagogo como um profissional investigativo, crítico, reflexivo, participativo e competente para trabalhar em sala de aula.

REFERÊNCIAS

ANDRÉ, M. E. D. A. de. *Etnografia da prática escolar*. 2. ed. Campinas, SP: Papirus, 1995. (Série Prática Pedagógica).

BORGES NETO, H. *et al.* Avaliação da aprendizagem do ensino de Matemática: utilizando a plataforma TelEduc e oficinas pedagógicas. In: CONGRESSO INTERNACIONAL EM AVALIAÇÃO EDUCACIONAL, 2., Fortaleza. *Anais [...]*. Fortaleza: UFC, 2005.

GIL, A. C. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1996.

HAGUETTE, T. M. F. *Metodologias qualitativas na Sociologia*. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 1992.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. *Fundamentos de metodologia científica*. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LIMA, P. F.; BELLEMAIN, P. M. B. *Um estudo da Noção de Grandeza e Implicações no Ensino Fundamental*. Rio Claro, SP: SBHMAT, 2002. (Série Textos de História da Matemática, v. 8).

MACHADO, N. *Matemática e realidade*. São Paulo: Cortez, 1989.

REGES, M. A. G.; BARRETO, M. C. Análise do desempenho de professores do II ciclo do Ensino Fundamental na resolução de problemas de adição e subtração: um estudo de caso. *In: Formação e prática docente: história, política e experiências pedagógicas – EFPD 2005*. Fortaleza: UECE, 2005.

SCHÖN, D. A. *Educando o profissional reflexivo, um novo design para o ensino e a aprendizagem*. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

A METODOLOGIA FEDATHI NO ENSINO DA FÍSICA MODERNA:

UMA INTERVENÇÃO PEDAGÓGICA DO EFEITO FOTOELÉTRICO NO AMBIENTE VIRTUAL

*Edson Pereira de Moraes
Ênio José Gondim Guimarães
Raimundo Bezerra da Silva Neto
Francisco Augusto Silva Nobre*

Introdução

Assuntos como Astronomia e Física Moderna despertam a curiosidade dos alunos do Ensino Médio. Buscamos neste trabalho desenvolver uma proposta para o ensino de tópicos de Física Moderna, em especial do Efeito Fotoelétrico, a partir da Sequência Fedathi (SF), a qual tem enfoque na prática docente em sala de aula e tomou notoriedade a partir dos trabalhos do Laboratório de Pesquisa Multimeios, da Faculdade de Educação da Universidade Federal do Ceará, sob coordenação do professor Hermínio Borges Neto.

O público escolhido para aplicação da intervenção pedagógica foi formado por 28 alunos dos 2º e 3º anos do Ensino Médio de

uma escola pública da rede estadual do Pernambuco, localizada na cidade de Bodocó. A aplicação ocorreu durante as aulas ministradas nessa turma, em oito (08) encontros.

No primeiro encontro, foi aplicado um teste de sondagem do conhecimento prévio dos alunos sobre luz e suas principais características. No segundo e terceiro encontro, foram apresentados os conceitos físicos necessários acerca da natureza corpuscular e ondulatória da matéria (luz), sua relação com as cores, frequências e radiação eletromagnética. No quarto encontro, aplicou-se um novo teste de sondagem, no intuito de verificar indícios de aprendizagem. Em seguida, vieram os encontros de aplicação da Metodologia Fedathi (5°, 6° e 7°), e, a partir de situações-problema, os alunos eram levados a pesquisar, refletir e propor soluções ao que foi proposto. Por fim, no último encontro, tivemos uma breve discussão sobre o que metodologia empregada significou para os estudantes.

Desenvolvemos ainda o produto educacional Portal Interativo de Física Moderna (um *site* na internet), contendo textos e simuladores virtuais, o qual foi fundamental para embasar as discussões e servir de referencial bibliográfico para os discentes. Vale lembrar que todo esse processo se realizou em ambiente virtual, haja vista que estávamos impossibilitados do encontro presencial em virtude da pandemia da Covid-19.

Pretende-se ainda, por meio deste trabalho, abordar conceitos e aplicação da Física Moderna, ora tão distante de ser trabalhado no Ensino Médio, mas, em especial, o efeito fotoelétrico, que rendeu a Albert Einstein o prêmio Nobel e uma expressiva relevância no mundo da ciência.

E é nesse intento que se faz necessária a experimentação, como comprovação científica do fenômeno físico, fazendo uso da Sequência Fedathi como metodologia de ensino, que veio direcionar a resolução de exercícios em sala de aula, valorizando o planejamento, a aprendizagem significativa e o contexto em que os aprendizes estão inseridos (Borges Neto, 2018). De autoria do

Prof. Hermínio Borges Neto (Faced/UFC), a Sequência Fedathi foi desenvolvida inicialmente para auxiliar seus alunos de Matemática, na resolução de problemas, sendo dividida em quatro (04) fases assim conhecidas:

- **Tomada de Posição:** quando o professor, além de citar o tema da aula, pode investigar o que os alunos já trazem de bagagem cultural (*plateau*) e apresenta situações problematizadoras com vistas à sua mediação;

- **Maturação:** em que o professor possibilita que os alunos desenvolvam a prática investigativa, tracem hipóteses a partir do debruçamento do tema, intervindo quando necessário ou solicitado, a partir de contraexemplos;

- **Solução:** etapa em que a colaboração seja o instrumento-chave para o alcance dos objetivos, sem deixar de notar que o erro é passível de existir, sendo uma porta para a reformulação de conceitos; e

- **Prova:** quando se espera que os conceitos sejam sistematizados, sejam definidas as conclusões a fim de tomar novas posições a partir do que foi gerado na discussão, e ainda seja propiciada a reorganização das novas sessões (ações), conforme o conteúdo trazido pelos alunos, ampliando as considerações propostas nas etapas anteriores.

Para nossa intervenção pedagógica, utilizamos os materiais necessários e fizemos uso de simuladores interativos do Projeto Virtual PhET¹³ para as demonstrações. Usamos a SF para definir a ação docente, como também, investigar eventuais potenciais didático-pedagógico dessas ferramentas computacionais nas aulas de Física, sendo os alunos, os agentes ativos desse processo de ensino-aprendizagem.

Nas seções seguintes, traremos a metodologia empregada, o relato da intervenção pedagógica e as considerações finais.

¹³ O *PhET Interactive Simulations*, um projeto da Universidade do Colorado Boulder (EUA), é um projeto de recursos educacionais abertos sem fins lucrativos que cria e hospeda explicações exploráveis.

Metodologia da intervenção pedagógica

Tendo por base a dificuldade encontrada na inobservância dos assuntos de Física Moderna nos anos finais do Ensino Médio, desenvolvemos uma intervenção de natureza qualitativa, que verificou as ações desenvolvidas pelos alunos por meio de atividades, nas etapas propostas pela Sequência Fedathi.

Para Minayo (2001), a pesquisa qualitativa busca entender o mundo de significados, motivos, aspirações, crenças, valores e atitudes, o que corresponde a um espaço mais profundo das relações, dos processos e dos fenômenos que não podem ser reduzidos à operacionalização de variáveis. O professor assim convida o alunado a ser partícipe desse processo de investigação, diante das situações propostas, o que favorecerá consideravelmente a aprendizagem dos entes, em especial do educando.

A Sequência Fedathi, como metodologia de ensino, recomenda que, diante de uma situação desafiante, o aluno se expresse como investigador da problemática proposta (reproduzindo os passos que um algoritmo matemático propõe), quando se debruça sobre suas elaborações teóricas. Para tal ação, compete listar os dados da questão, devem ser experimentados inúmeros caminhos que nos levem à solução; devem ser analisados os erros; devem ser buscados conhecimentos para se construir a solução; devem ser testados os resultados para saber se houve erro e onde se errou; e, por fim, deve se proceder a uma reavaliação e deve ser montado um modelo.

O processo de intervenção foi planejado para 08 semanas, ou seja, 08 hora-aula, numa turma mista, que integra alunos dos 3 (três) anos no Ensino Médio, o que, nos moldes atuais, são denominadas de disciplinas eletivas. Nesses novos itinerários formativos, sempre são considerados os interesses do educando, atentos às eventuais mudanças da BNCC (Base Nacional Curricular Comum), que sugere como as competências e habilidades podem ser desenvolvidas em diálogo com a educação integral e o projeto de vida dos estudantes, com o apoio de temas e objetos do conhecimento diversos. Trazendo, assim, inovações e estratégias metodológicas que colaboram para o

trabalho integrado e contextualizado das áreas do conhecimento e exemplos de objetivos de aprendizagem.

Essa é uma das oito turmas que integra uma escola de referência de Ensino Médio do Estado de Pernambuco. As aulas foram realizadas nos meses de março e abril de 2021, no turno vespertino, com duração de 90 minutos cada, sendo 1 (um) encontro semanal, com as devidas permissões da gestora escolar e com a ciência desse projeto de intervenção.

Desde o ano letivo de 2020, fizemos sondagens sobre a possível turma e tema de estudo em todas as turmas da escola, o que despertou o interesse de muitos alunos em participar. Essa ação precede os encontros de intervenção e de aplicação da sequência de ensino. A Sequência Fedathi aponta a localização de cada agente nesse processo, sendo o ensino e a aprendizagem construído principalmente pelos discentes, ou seja, os alunos são, de fato, os protagonistas do seu conhecimento. Por outro lado, cabe ao professor o papel de esclarecer, estimular e orientar as hipóteses e os questionamentos levantados pelos alunos na busca de solução ao problema proposto. Portanto, fica previsto o desenvolvimento das seguintes atividades a serem realizadas.

Em encontros que antecedem a intervenção, é necessário diagnosticar temas preliminares do ensino da Física Moderna e conhecimentos prévios dos alunos. A sondagem foi nosso ponto de partida para tomarmos consciência do que tínhamos e aonde precisávamos chegar. Assim ressalta Sousa (2013, p. 20) no livro “Sequência Fedathi: uma proposta Pedagógica para o Ensino de Ciências e Matemática”:

[...] o diagnóstico pode ser realizado por meio de dois momentos, o primeiro em que o professor define quais conhecimentos prévios os alunos deveriam ter para a apreensão do novo conhecimento, e o segundo, a realização da investigação junto aos alunos a fim de averiguar se os estudantes são detentores destes conceitos.

Assim sendo, dividimos esse encontro preliminar em dois momentos, separados por um pequeno intervalo. No primeiro momento, foi aplicado o teste de sondagem com os discentes, que consistia em verificar em quais condições a matéria (átomo) poderia

emitir ou absorver energia, dada sua configuração eletrônica, bem como se a movimentação do elétron é determinante ao quantum de luz. Durante um pequeno intervalo, fizemos uma apreciação dos pontos levantados pelos alunos nesta investida. Logo em seguida, o professor precisaria fazer algumas ponderações, em especial àquelas que fugissem dos conceitos e abordagens reais do assunto.

A partir de então, foi apresentado aos alunos o conteúdo abordado, durante nossa intervenção: a luz (quantum de luz), desde o nascimento da teoria quântica com Max Planck até a genial descoberta do comportamento corpuscular da matéria por Albert Einstein, comprovado a partir do Efeito Fotoelétrico. Esses conteúdos foram sempre abordados a partir de situações-problema, bem como a solução foi construída em conjunto, por cada equipe, por meio de muito diálogo e investigação por parte dos membros e de seus constructos prévios já observados num primeiro momento.

A seguir, de maneira sucinta, nossa tabela-resumo dos encontros da intervenção realizada em sala de aula virtual (Tabela 1).

Tabela 1 – Tabela-resumo dos encontros da intervenção pedagógica

Encontros	Assunto		Ferramentas
01	LUZ	Teste de sondagem sobre Luz (Explicação sobre a ementa da disciplina eletiva)	Questionário e apresentação oral
02		Cor	Simulador Virtual PhET, Vascak ¹⁴
03		Reflexão, refração, difração e interferência	<i>Slides</i>
04		Teste de sondagem sobre Física Atômica (teste que antecede a aplicação da Metodologia Fedathi)	Questionário e apresentação oral
05		Emissão de Luz	Sequência Fedathi e o Produto Educacional
06		Os quanta de Luz	Sequência Fedathi e o Produto Educacional
07		Efeito Fotoelétrico	Sequência Fedathi e o Produto Educacional
08		Avaliação de satisfação da metodologia empregada	Entrevista coletiva

Fonte: Elaborada pelos autores.

¹⁴ É um site de experimentos, administrado pelo Física na Escola, em linguagem de programação HTML5 (Física Animações/Simulações), disponível em <https://www.vascak.cz/physicsanimations.php?l=pt>

Esperava-se que, ao final das etapas da intervenção, os alunos pudessem responder questionários com questões objetivas e subjetivas, para que opinassem a respeito da dinâmica do processo de intervenção e das ferramentas de ensino utilizadas para o ensino de Física Moderna, em especial do efeito fotoelétrico.

Em conjunto com o presente trabalho de pesquisa, foi desenvolvido um produto educacional para público jovem, bem oportuno para esse momento da intervenção pedagógica: o Portal Interativo de Física Moderna,¹⁵ que veio se somar à intervenção pedagógica.

De início, havíamos pensado na construção de experimento de Física para a intervenção pedagógica, listando desde os materiais necessários e do processo de construção, obedecendo as diversas variáveis que incorrem no seu sucesso ou fracasso no entendimento de conceitos físicos, mas o isolamento social recomendou o fechamento das escolas, tornando inviável sua construção. Decidimos, então, iniciar o trabalho pelo uso de simuladores interativos virtuais da plataforma *PhET* da Universidade do Colorado (EUA), incorporando ao Portal Interativo de Física Moderna (*site*, o Produto Educacional), a fim de aproximar os agentes ativos do processo de ensino da Física Moderna – os alunos.

A expectativa era agregar todos esses valores na interação desse *site* de pesquisa e simulação, a ponto de socializar com o maior número possível de estudantes no Pernambuco e quiçá do Brasil. Nele constam: textos de fundamentação teórica – numa página denominada História; Curiosidades; breve Biografia dos principais nomes e contribuintes da Física Moderna; *links* de acesso e reporte a simuladores (*PhET*); desafios; sugestão de leituras; e *sites* para pesquisa e aprofundamento. O portal foi um verdadeiro arcabouço para o ensino da Física Moderna, em especial para estudantes e professores com pouco ou nenhum acesso a esse conteúdo.

¹⁵ Disponível em: <https://quantumdeluz.com.br>.

Para concluir, foi utilizada a Sequência Fedathi para aplicação dessas ferramentas em sala de aula (*PhET*), sendo todo o processo de intervenção planejado a partir do estudo de teorias de aprendizagem e da investigação de novas metodologias de ensino. Então, todo esse processo resultou na aplicação da metodologia de ensino fedathiana, para aplicação de ferramentas alternativas e auxiliaadoras no ensino de Física Moderna.

Intervenção pedagógica e análise de resultados

Nesse momento, discorremos sobre os eventos, comportamentos e aplicações observadas e registradas ao longo da intervenção pedagógica, bem como a análise dos resultados do processo de ensino-aprendizagem à luz da Metodologia Fedathi. As atividades desenvolvidas ocorreram obedecendo a distribuição das aulas semanais da disciplina eletiva de Física Quântica, formada a partir dos alunos que escolheram cursá-la, preenchendo seu itinerário formativo.

A programação dos encontros para a intervenção pedagógica é descrita na Tabela 1, acima, e a Sequência Fedathi, aplicada em três desses encontros. Durante a descrição dos eventos da intervenção, serão apresentadas nossas observações, tomando por base a metodologia fedathiana como fundamentação teórica aqui proposta. Faremos também, ao longo da descrição da intervenção pedagógica, considerações acerca do uso da Sequência Fedathi e da aplicabilidade do Produto Educacional desenvolvido e utilizado na intervenção.

Primeiro encontro

No primeiro encontro da eletiva Física Quântica e, consequentemente, da intervenção pedagógica, faz-se necessária a apresentação da ementa dessa disciplina. A partir de então, foram expostos aos alunos quais caminhos seguiríamos, o que esperávamos alcançar com os objetivos traçados e que, principalmente, pela

aplicação da Sequência Fedathi, esperávamos mensurar qualitativamente avanços no processo de ensino-aprendizagem.

Vivendo a realidade do ensino remoto nas escolas, em virtude da pandemia do coronavírus (Covid-19), veio a necessidade de realizar nossa intervenção longe da sala de aula, usando a tecnologia computacional para a vivência desses momentos. Enfrentamos os obstáculos inevitáveis e possíveis de serem resolvidos, para tal realização. Utilizamos o ambiente virtual (*Google Meet*) para fazer nossos encontros da intervenção pedagógica, a princípio, num âmbito coletivo, e, no decorrer dos encontros, em salas virtuais privadas, destinadas ao grupo específico de alunos. Portanto, durante as aulas, utilizávamos diversos materiais (textos, simuladores virtuais e questionários), ora disponibilizados pelo professor na tela de compartilhamento, ora publicado no *site* (produto educacional).

A primeira ação da intervenção pedagógica foi a aplicação de um teste de sondagem, que consistiu em verificar o grau de conhecimento sobre a luz, seus principais fenômenos como reflexão, refração, difração, interferência, seja pelo aspecto óptico, seja pelo aspecto ondulatório. Em seguida, demos um pequeno intervalo, quando analisamos as respostas dos estudantes nesse teste de sondagem. Voltando à turma, fizemos algumas ponderações, em especial para aquelas respostas que fugiram dos conceitos e abordagens reais do assunto.

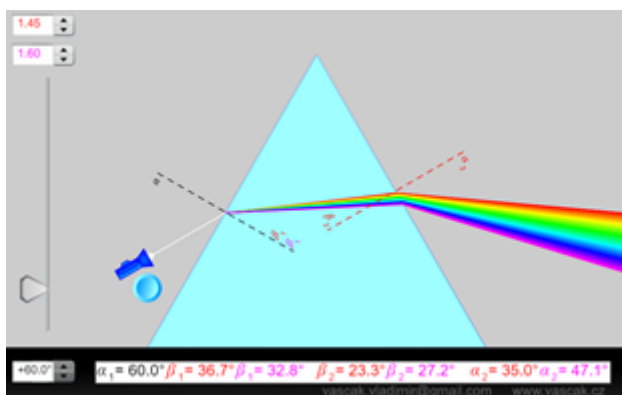
Nessa sondagem, foi possível perceber o quanto alguns alunos(as) estão distantes da compreensão do conteúdo abordado, como também o despertar dos estudantes para buscar o novo. Sobre o ponto “interação luz e matéria”, vimos que poucos alunos entendiam que a frequência e, portanto, a cor estão associados à diferença de energia envolvida entre os estados dos elétrons nas transições entre os níveis de energia dos elétrons nas camadas de valência. Os fenômenos de reflexão e refração, por outro lado, eram mais próximos de suas realidades, por terem sido estudados em Óptica Geométrica e reforçados em Ondulatória.

Segundo encontro

Nesse encontro, recorreremos, mais uma vez, ao ambiente virtual (*Google Meet*), para formar nossa sala aula e então propor as ações coletivas que esperávamos receber no dia. O objetivo do encontro era explorar o uso dos simuladores virtuais, como o PhET, para estudar cor e frequência, ou seja, o quanto estaríamos, ou não, familiarizados com a luz e a sua radiação eletromagnética visível.

Abordamos, a princípio, a famosa experiência realizada por Isaac Newton, conseguindo decompor a luz branca por meio de um prisma, demonstrando, assim, que ela é formada por uma mistura de cores, apresentada na Figura 1 a seguir.

Figura 1 – Decomposição da luz



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_hranol&l=en.

Além disso, também trabalhamos o fato de essas cores se comportarem de maneira aditiva ou subtrativa. É o que veremos nas Figuras 2 e 3. Maxwell demonstrou, no século XIX, que a reprodução de muitas cores é possível, por meio das combinações aditivas de três cores primárias. Por outro lado, os objetos visíveis não “têm” cor, propriamente dita; eles têm propriedades químicas e físicas que

fazem com que absorvam certos comprimentos de onda e reflitam outros comprimentos de onda, os quais chegam a nossos olhos e estimulam os cones, conforme explicaremos.

Figura 2 – Síntese subtrativa

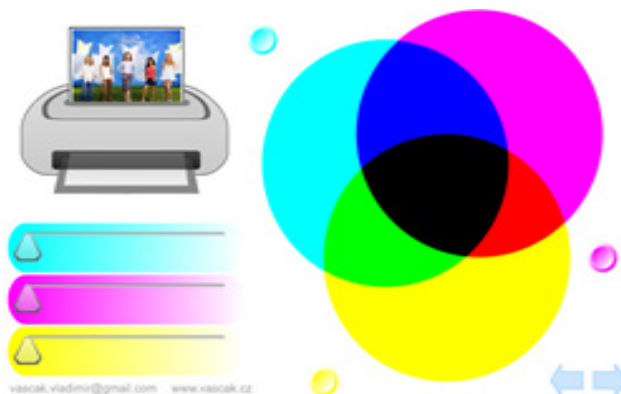
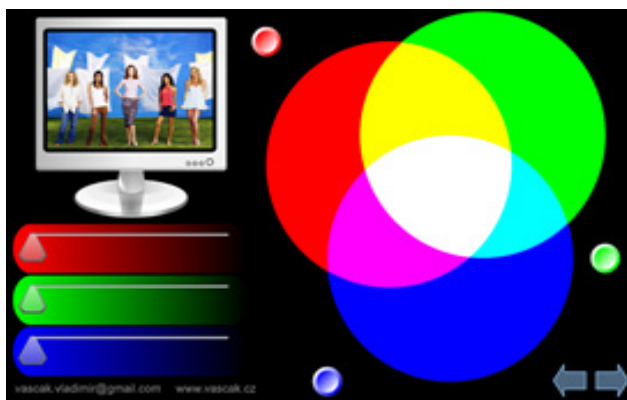


Figura 3 – Síntese aditiva



Fonte: https://www.vascak.cz/data/android/physicsatschool/template.php?s=opt_michanibarev&l=en

Nas Figuras 4 e 5 a seguir, apresentamos como se dá esse reconhecimento da cor por nossos olhos (células cones). Resumidamente, discutimos e observamos que qualquer objeto iluminado pela cor

branca (aditiva) absorve as demais cores e reflete a sua verdadeira cor, do contrário o vemos na cor preto, ou seja, caso usemos um filtro que difira da cor lançada, o reconhecemos preto ou quando este é da mesma cor que o objeto.

Figura 4 – Luz policromática

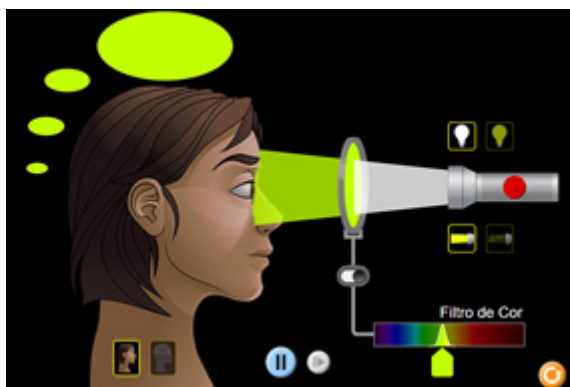
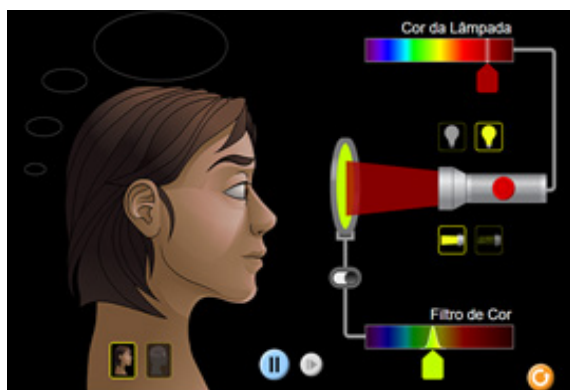


Figura 5 – Luz monocromática



Fonte: https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_pt_BR.html

Percebemos, nas imagens acima, que a luz branca (policromática) é, praticamente, absorvida pelo filtro amarelo e reflete apenas essa cor. Enquanto na imagem ao lado, ao lançarmos a luz vermelha (monocromática) sobre o mesmo filtro, o agente não reconhece cor alguma, configurando assim a ausência de cor, o preto (subtrativa). Essa é uma condição natural da nossa visão, aquilo que não conseguimos enxergar não significa que não exista, simplesmente não está acessível no espectro visível, dessa forma, o que resta está fora do alcance das nossas células cones, configurando o preto.

Terceiro encontro

No terceiro encontro, com o uso dos simuladores virtuais na percepção de cor, frequência e comprimento de onda fizeram mais sentido para os alunos. Ambientados virtualmente, pelo *Google Meet*, fizemos uso de aula expositiva (*slides*) para reforçar conceitos sobre os fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência da luz, retomando conceitos abordados tanto na Óptica Geométrica quanto na Ondulatória. Essas ações foram fundamentais para nivelar os conhecimentos, até então, apresentados por nossos alunos.

Recordamos características importantes da propagação da luz, como um dos princípios fundamentais da Óptica Geométrica, bem como o comportamento das variáveis diante dos fenômenos supracitados. Ou, ainda, como um raio de luz incide numa superfície, sobre determinadas características e o que o leva a refletir ou refratar, conservando ou alterando algumas dessas grandezas como velocidade, frequência ou comprimento de onda.

Quanto à difração e interferência da luz, foi explorada a importância das fendas, bem como suas dimensões, para a evidência do fenômeno, sejam elas com fenda simples ou duplas, estabelecendo assim um padrão de interferência que pode ser manifestado divergentemente, dado a natureza corpuscular ou ondulatório da luz. Enfim, o encontro foi nivelador e memorativo, serviu para fazer os alunos recordarem o assunto já explorado em séries anteriores, isto

para quem já havia estudado. Os que viram pela primeira vez tiveram uma noção mínima, para então seguirem as próximas etapas.

Quarto encontro

Nesse encontro, aplicamos um novo teste de sondagem para sabermos a familiaridade dos estudantes com o conteúdo “comportamento da luz”, seja no âmbito corpuscular, seja no âmbito ondulatório. Como se dá a emissão de luz, ou ainda, a absorção de energia quando um elétron é excitado? Já tinham ouvido falar sobre fótons, pacotes de energia, e qual sua estreita relação com os fenômenos que integram a Física Moderna? Em quais condições a matéria (átomo) poderia emitir ou absorver energia, dada sua configuração eletrônica? A movimentação do elétron é determinante para o quantum de luz?

Durante um pequeno intervalo, fizemos uma apreciação das respostas apresentadas pelos estudantes. Logo em seguida, o professor precisou fazer algumas ponderações, em especial a respeito daquelas respostas que fugiram dos conceitos e abordagens reais do assunto. Nessa sondagem, foi possível perceber o quanto alguns alunos precisam avançar na compreensão do comportamento dual da luz. Vimos que a maioria não sabia relacionar os efeitos de absorção e emissão de luz, que estão relacionados à transição entre os níveis de energia dos elétrons de valência. No tocante à radiação, um número até considerável de alunos recordou o fato de que fogos de artifícios emitem sua coloração característica, fruto de uma absorção de energia e de um possível salto energético. Ou seja, esses saltos provocam uma fosforescência.

Enfim, de fato, esse segundo teste de sondagem serviu de direcionamento para as próximas ações, no que tange à aplicação da Metodologia Fedathi e à aplicação de nosso Produto Educacional, para o estudo de tópicos de Física Moderna. A partir de então, foi apresentado aos alunos que o conteúdo abordado nos próximos encontros seria a luz (quantum de luz), desde o nascimento da teoria

quântica com Max Planck até a genial descoberta do comportamento corpuscular da matéria por Albert Einstein, enveredando pela aplicação experimental do efeito fotoelétrico, disponibilizado para simulação virtual no Produto Educacional (Portal), bem como os textos para embasamento teórico às suas situações-problema.

Quinto encontro (aplicação da Metodologia Fedathi)

Nesse encontro, a exemplo do anterior, utilizamos, mais uma vez, o ambiente virtual (*Google Meet*), a princípio num âmbito coletivo e, no decorrer das etapas, em salas de aulas privadas, destinadas ao grupo específico de alunos. Propusemos que eles formassem grupos para atividades futuras e, por conseguinte, procurassem migrar da sala de aula principal (*link* geral da reunião), para os *links* de sala de aulas temáticas.¹⁶

Iniciamos a aplicação da Sequência Fedathi, dando-lhes as seguintes instruções: formar as equipes para ler e refletir sobre o texto “As luzes da cidade” (disponível no Produto Educacional, apresentado, no intuito de embasar suas respostas para as situações-problema (**Tomada de Posição**) propostas a seguir:

- a) Como se dá o acendimento automático dos postes de energia elétrica das cidades?
- b) Existe alguma explicação científica por trás dessa automação?
- c) O funcionamento automático de portões, alarmes ou controle remoto é explicado pelo mesmo fenômeno, dos itens anteriores?

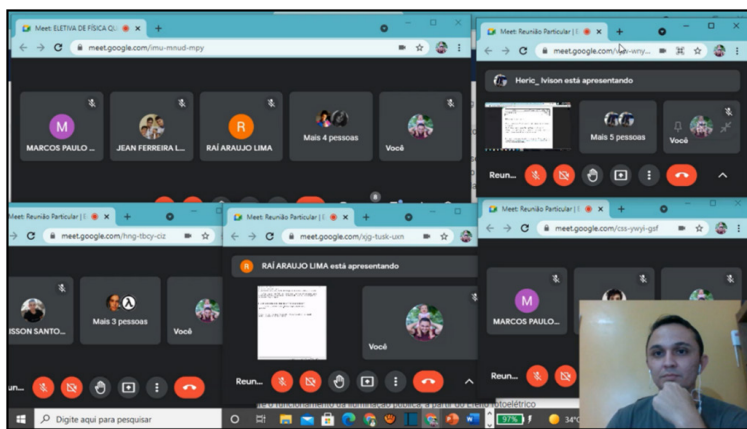
O texto considerado apresenta dados sobre automatização de sistemas públicos de iluminação de grandes centros urbanos, a exemplo de São Paulo (SP), bem como o funcionamento básico desse processo em cadeia. De posse das informações, os alunos

¹⁶ Sala de aulas temáticas, são ambientes criados, planejados para videoconferências que necessitam subdividir seu grupo em subgrupos, gerando novas salas e possibilitando discussões particulares.

então assumem seus postos em suas equipes e passam a migrar da sala de reunião geral para as temáticas, iniciando suas leituras. Percebem que estão sujeitos aos comentários de todos os estudantes da turma, mas estão livres para questionar, levantar hipóteses, e dialogar com companheiros da sala temática e o professor. É daí que seus constructos,¹⁷ ou seja, suas definições acerca do observado, vão dando espaços aos conhecimentos científicos ali envolvidos. Percebe-se que, aos poucos, vão conseguindo canalizar seu raciocínio na determinação do seu modelo (**Maturação**). Eis uma etapa que se mostrou promissora e foi perceptível o quanto eles avançaram, em leitura, entendimento e, em especial, na construção investigativa e colaborativa.

Na Figura 6, podemos evidenciar parte desse momento. Eles, portanto, visitaram o Portal Interativo,¹⁸ para fazerem suas leituras e, em seguida, suas reflexões.

Figura 6 – Espectro eletromagnético



Fonte: Elaborada pelos autores.

¹⁷ Modelo criado mentalmente que, elaborado com base em dados simples e partindo de ações analisáveis, é um modo de compreender a realidade que deriva das observações e percepções individuais, resultante das experiências (passadas ou presentes) de alguém.

¹⁸ Disponível em: <https://quantumdeluz.com.br/as-luzes-da-cidade>.

Considerando a postura “mão no bolso” prevista na metodologia fedathiana, agimos, durante esse encontro, de forma atenta, cuidadosa, para não intervir no processo, mas, em caso afirmativo, propor a identificação de caminhos para solucionar o problema. O nosso papel foi realmente de mediar as discussões. Propusemos refletir sobre alguns pontos que norteavam a estrutura do encontro, no entanto ainda de forma tímida, fomos pouco acionados, surgiram perguntas, mas voltadas apenas para o que realizar em cada sala temática.

O aluno M. P., em sintonia com o pensamento do aluno R. A., questionou se é importante fazer seus registros para posterior socialização. Afirmamos que sim, o que contribuirá muito para a discussão futura. No entanto, não podemos deixar de destacar o quão desafiadora é a aplicação de uma intervenção pedagógica num ambiente remoto.

Cerca de vinte e cinco (25) minutos depois, são fechadas as salas temáticas, e os alunos são convidados a retornar ao grande grupo (sala geral). É nesse momento que as equipes e estudantes individualmente passaram a interagir com os outros grupos, podendo, dessa forma, chegar a conclusões em conjunto (**Solução**).

O aluno R. A. afirma sobre a Metodologia Fedathi: “Notamos o quanto é importante o papel da investigação, bem como da colaboração, na busca de suas soluções”. O aluno avança em suas pesquisas e convida os demais colegas de grupo, e consequentemente de sala, a refletirem quanto ao funcionamento desses dispositivos. O aluno J. P., integrante da mesma equipe, expôs que “[...] pensava que existia um painel controlador de corrente e quando chegava a hora, simplesmente era acionado”.

Diante dessa última fala, percebemos o quanto se faz necessário propor a pesquisa, incentivar a investigação. Como bem propõe a Metodologia Fedathi, são as perguntas a principal finalidade do conhecimento, pois trazem consigo as respostas necessárias aos nossos questionamentos. Sejam elas esclarecedoras, estimuladoras ou ainda orientadoras. Dessa forma, na tentativa de estimular

a reflexão, propusemos recordar sobre a influência do magnetismo na eletrodinâmica, como no uso de alto-falantes, fone de ouvido etc.

O aluno R. A. ainda questiona: “[...] pensei que fosse mais fácil o processo”. Mas percebe, com a ajuda da discussão em equipe, que há muito mais de eletromagnetismo envolvido. Notam que o funcionamento se dá com base na ejeção de elétrons livres de um dispositivo *LDR (Light Dependent Resistor)*,¹⁹ que é exposto a luz solar (fonte de luz), provocando uma alteração na resistência elétrica. Ou seja, eles concluíram que quanto maior a incidência de luz menor a resistência. Dessa forma, o aluno G. L. conclui: “[...] durante o dia, quando se tem a resistência menor, a luz do poste cessa, do contrário ela acende, no caso a noite”. Essa foi uma interpretação interessante, pois demonstrou o quanto os alunos em questão já dominam a física clássica (eletromagnetismo), o que é básico para o entendimento do efeito fotoelétrico.

Em suma, esse momento foi bastante produtivo, e o texto-base serviu de apoio para o fomento e estímulo às suas conclusões. Por se tratar de um encontro síncrono em salas temáticas, às vezes, pôde parecer confuso o entendimento, porém foi perceptível o quanto eles se questionavam e interagiam, uns com os outros. Pouquíssimos foram os questionamentos direcionados ao professor. Ainda assim, era possível ouvir conclusões, como do aluno P. I.: “[...] quando o sol bate na fotocélula ela atinge o fotossensor, que é sensível a luz do sol, e assim aciona o mecanismo para pagar todas as lâmpadas”.

Por outro lado, o aluno J. F., integrante do mesmo grupo, completa: “[...] quando o sol se põe, cessa a luz, e assim ela aciona”.

E, por fim, a equipe em questão chega a um denominador comum: “[...] quando a luz solar incide na fotocélula, ela atinge o fotossensor que é sensível a luz do sol, e daí ele aciona o mecanismo para apagar ou acender todas as lâmpadas”.

É relevante apontar que as atitudes dos alunos dependem muito da maneira como o professor conduz seu trabalho. Dessa

¹⁹ Resistor Dependente de Luz ou fotorresistência.

forma, Sousa (2015) reitera a ideia de que, na vivência da Sequência Fedathi, o acordo didático se estabelece a partir de uma conversa, do diálogo do professor com os estudantes, de modo a combinar com eles as normas que irão nortear as ações a realizar e o conhecimento a se constituir ou fundamentar.

Finalmente, concluímos a aplicação da sequência Fedathi com a **Prova**, que consistiu na apresentação mais abrangente do modelo geral do acendimento automático dos postes nas luzes das cidades. Concluímos que é o mesmo fenômeno que aciona os portões e portas de ambientes públicos, ou em qualquer outra situação que necessite do entendimento abordado para determinar os conceitos produzidos. Esse fenômeno é o Efeito fotoelétrico, o que seria evidenciado pelos estudantes, nos encontros seguintes.

Notamos que as definições dos alunos eram bem próximas do ideal, inclusive uma delas já apontando o efeito fotoelétrico como o fenômeno responsável por tal explicação, que, de fato, configurou progresso de aprendizagem e participação. No entanto, percebemos que esse primeiro encontro serviu de “termômetro” (parâmetro) para os próximos, bem como para validação da metodologia abordada no ensino desse assunto. Notamos avanços, no tocante à fluidez de discussões em grupo, investigação, pesquisa e colaboração, como também limitações, por se tratar de uma aplicação que fez uso da internet, recurso a que nem todos tinham acesso.

Sexto encontro (aplicação da Metodologia Fedathi)

Os estudantes foram convidados a, mais uma vez, retomarem suas formações iniciais enquanto equipe para assumir um novo desafio. Tínhamos novas situações-problema, em sintonia com nossa pesquisa, para avaliarmos os avanços do processo ensino-aprendizagem por meio da Metodologia Fedathi.

Os alunos receberam as instruções ainda no ambiente coletivo, ou seja, no *link* geral do encontro (via *streaming*) e logo mais migraram para um *link* alternativo, gerado para o uso das

salas temáticas, a exemplo do encontro anterior. Dessa forma, viabilizamos a comunicação interna dos integrantes da equipe, com a supervisão do professor, sem a influência dos demais alunos ou grupos. Constituíam as instruções, a leitura do texto-base, disponível no Anexo 02 (“Como são ligadas as luzes públicas”), a fim de auxiliar em suas conclusões.

Seguem as situações-problema:

- a) É possível, no caso do acendimento automático dos postes, eles acenderem a qualquer momento ou horário, mesmo em dias chuvosos?
- b) Ou seja, sem a emissão da luz oriunda do sol, é possível ainda assim acionar automaticamente as luzes dos postes?
- c) E em dias quentes, o fenômeno se evidencia?

Esses problemas apresentados (**Tomada de Posição**) nortearam as discussões para abrir os trabalhos do segundo encontro. Conservaram-se as mesmas recomendações de interação apenas ao grupo temático, para o levantamento de suas hipóteses. Quanto ao texto-base, ele consegue reunir um breve histórico da iluminação pública das últimas quinze décadas, bem como apresenta a evolução do sistema de lâmpadas e compostos físico-químicos que fornecerão estruturas para a iluminação das futuras gerações.

Novamente, eles visitaram o Portal Interativo²⁰ para fazerem suas leituras e, por conseguinte, suas reflexões.

Esse encontro revelou ainda mais desdobramentos da nossa pesquisa. As equipes, na tentativa de buscar compreender as situações-problema, aventuraram-se em suas colocações, algumas muito interessantes. Como o aluno M. P.:

[...] tecnicamente, os LDR's, só precisam da emissão de luz visível, não só o sol é provedor disso, no entanto, basta utilizarmos uma lâmpada (mesma faixa de luz que o sol emite), mesmo não

²⁰ Disponível em: <https://quantumdeluz.com.br/como-sao-ligadas-as-luzes-publicas>.

sendo viável utilizar uma lâmpada pra acender outras, mas que é possível sim, é o que eu acredito.

Aqui já vemos o quão interessante vai ficando a discussão em grupo. Levantamentos como esse mostram que o protagonismo, no que tange à construção do conhecimento, pode estar do outro lado. Ou seja, o professor fedathiano apenas mediou o processo, enquanto os alunos buscaram na pesquisa, na leitura, os seus achados, as suas conclusões. A seguir, novos desdobramentos vão surgindo, dando ênfase àquilo sobre o qual refletimos.

No mesmo ensejo, o integrante G. L., da mesma equipe, completa:

[...] na verdade é questionado, primeiramente, se na ausência de luz (dias chuvosos, por exemplo) as luzes acendem ou não, se o dispositivo é acionado mais cedo ou mais tarde, eu acho que sim, a luz consegue chegar em dias nublados, mesmo que pareça não ser suficiente.

Para a evidência do fenômeno, sabe-se que é necessário um limite mínimo de energia para o êxito, e, logo acima, o aluno apresenta esse entendimento. O que vai tornando clara a participação amistosa do professor, assumindo sua postura “mão no bolso”, porém atenta a eventuais deslizos.

É nesse momento (**Maturação**), que os alunos vão verificar quais variáveis estão correlacionadas com o problema do encontro passado, já que os conteúdos são sequenciados, visando a uma fundamentação ainda mais rebuscada para seus modelos. Vale destacar que algumas comparações feitas mostram o quanto nossos alunos já conseguem contextualizar no mundo real. É o caso do comentário da aluna M. A.: “[...] minha gente isso deve funcionar, senão as placas de energia solar não funcionariam nesses dias”.

No entanto, essa compreensão não é unânime. Outros grupos discutiram a possibilidade do não acendimento automático dos postes, pois a pouca incidência da luz do sol devido ao dia nublado, chuvoso,

não daria energia suficiente para liberar corrente. Isso mostra que é preciso uma releitura do texto.

Foi solicitado a todos que, depois de dado tempo, precisariam retornar ao grupo geral para socializar seus constructos e, diante do observado por todas as equipes, levantar um modelo geral para a situação-problema. Aqui nessa etapa (**Solução**), é muito importante a participação de todos, principalmente, quanto ao papel do aluno no ato científico do pensar, bem como a partilha dos seus modelos. O fim maior é a convergência dos pensamentos para a construção de um modelo geral, proposto na fase final. Cabe ao professor mediar o debate com a socialização das respostas encontradas, gerenciando os erros com os contraexemplos, o que é típico da Metodologia Fedathi, no intuito de que o próprio aluno perceba a necessidade de refazer o raciocínio que percorreu e encontre a resposta mais adequada.

Ficou a cargo dos alunos explorar suas respostas, por meio de leitura e reflexão de textos de fundamentação teórica, encontrados no Produto Educacional (Portal), e, posteriormente, frente às demais equipes, discutir acerca do fator climatológico, podendo afetar ou não no acendimento automático dos postes da rede pública de energia das cidades. É nesse momento que o professor, ao ser interpelado, precisa fazer uso de contraexemplos para motivar ainda mais os alunos a defender sua solução ou verificar possíveis erros.

Surge um ponto convergente, aqui trazido a todos: “[...] Quando tá no inverno, que tem menos sol, as luzes acendem mais cedo e no verão mais tarde”.

Isso implica concluir que a incidência de sol, para dias de verão, retarda o processo de acendimento automático dos postes da energia pública em até uma hora e meia por dia, mas, em dias chuvosos, o processo ainda assim ocorre, embora mais cedo. Foi um parecer conclusivo da turma. Outro tópico que reuniu adeptos, porém não foi maioria, foi o fato de que o acendimento não se dá em qualquer horário. Dessa forma, no inverno, sempre teríamos luzes acesas, praticamente, o dia inteiro. Porém isso não acontece.

Em um comentário interessante, o aluno J. P. questionou:

[...] Professor, na tentativa de responder o item B, ou seja, na ausência de luz solar ainda é possível acionar automaticamente as luzes dos postes, o que aconteceria se lançarmos um raio laser sobre os fotossensores? Por exemplo, a poluição luminosa influenciaria?

À luz da Metodologia Fedathi, esse foi um bom momento, não para dar as respostas, mas para usar contraexemplos, princípio básico que norteia a proposta metodológica. Sugerimos que observassem se outros dispositivos funcionariam quando submetidos a faixas de luz diferentes, a exemplo da abertura de portões, alarmes, o funcionamento de células fotovoltaicas presentes nas calculadoras, residências etc.

Imediatamente o aluno M. P. retrucou: “[...] seria necessário um material (LDR) diferente sensível a essa faixa de luz irradiada, do contrário não funcionaria, eu acho”.

Além da proposta do aluno M. P., sugerimos refletir sobre sua eficiência, até quando seria interessante usar algo extra, uma lâmpada por exemplo, para acionar um dispositivo, que, por sua vez, dependia apenas de efeitos naturais (luz solar). O nível das discussões vai se elevando a cada comentário, mesmo sem conhecimento de causa ou efeito, os estudantes já esmiúçam as variáveis que podem interferir na comprovação do fenômeno fotoelétrico.

Quanto ao item C, que faz referência à incidência de sol em dias de verão intenso, notoriamente, a turma concordou que o fenômeno se evidenciaria, haja vista a quantidade de luz que certamente chegava ao dispositivo. Nesse intento, já no último ponto da discussão, refletimos juntos aos alunos. Propusemos, então, uma questão incentivadora: “Quanto mais luz (intensidade), mais garantias temos do funcionamento do sistema?”.

Para tal pergunta, foi quase unanimidade a resposta afirmativa, a intensidade luminosa avalizaria o funcionamento do sistema. Dessa forma, podemos acreditar que, na próxima etapa, seria necessário considerar essas variáveis e sua influência no funcionamento, e que não podemos incorrer em dúvidas ou permitir que elas permaneçam.

E, por fim, o professor, nessa etapa (**Prova**), precisou organizar as falas, levando em conta os pontos pertinentes e corrigindo os divergentes, na construção do modelo geral de explicação para o problema proposto. Após as discussões sobre as soluções maturadas pelos alunos, é que organizamos o conhecimento sistematizado, tendo como ponto de partida o proposto por cada equipe ou pelo grupo no geral. A “mão no bolso” aqui é manifestada quando socializamos com os alunos as possibilidades de progredirem e ampliarem seus raciocínios em torno das situações-problema. Evocamos os textos de fundamentação teórica que abordam a conceituação da cinética do elétron e seus desdobramentos para formas de emissão de luz (fóton), em especial (excitação, relaxação, incandescência, fluorescência e fosforescência), apresentados pelo Produto Educacional (Portal) para referendar se o fator clima interfere nesse processo.

Sétimo encontro (aplicação da Metodologia Fedathi)

A exemplo dos encontros anteriores, foi requisitado aos estudantes assumirem as mesmas posições que o fizeram nos últimos encontros, na formação das equipes, para dar sequência a mais uma problematização.

Assim sendo, apresentamos (**Tomada de Posição**) as seguintes situações-problema:

- a) No caso do acendimento automático dos postes, é possível alterar a intensidade luminosa, ou seja, quando o Sol parar de emitir luz os postes vão poder apresentar mais ou menos brilho?
- b) Qual o nome do fenômeno físico que está relacionado ao problema?
- c) A frequência da luz emitida, caso fosse possível substituir o sol nesse processo, alteraria a luminosidade?

Partiremos dessas situações-problema para propor aos alunos mais uma investigação e descoberta das variáveis que podem incorrer no efeito fotoelétrico. Nesse encontro, os alunos terão a oportunidade de manusear o simulador virtual *PhET*, da Universidade do

Colorado (EUA), verificar quais incógnitas incorrem na alteração ocorrida no fenômeno, qual faixa de luz (frequência) permite evidenciar o experimento.

Foi um momento de grandes achados. A princípio, os alunos foram investigando as variáveis que envolviam o processo, ali apresentado pelo simulador PhET, incorporado ao produto educacional e disponibilizado via <https://quantumdeluz.com.br/quantum-lab/>.

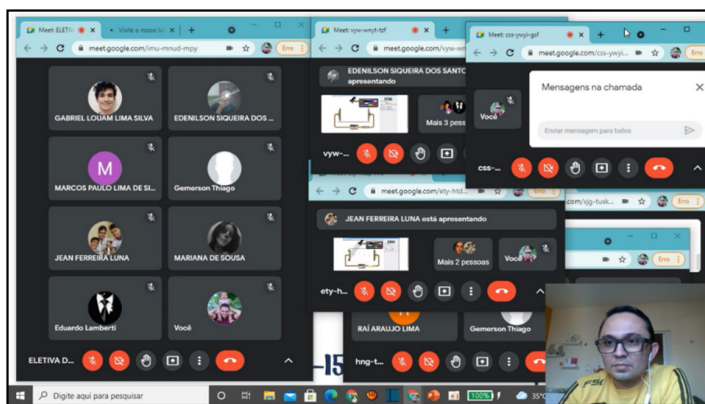
O aluno E. S. questiona: “[...] por que não acontece nada? Tenta com o vermelho”.

O seu companheiro de equipe H. I. complementa: “[...] parece que o violeta funciona mais”.

Nota-se que os alunos já perceberam que apenas uma faixa de luz é ideal para gerar corrente elétrica, ou seja, ejetar elétrons da placa de material em questão. No entanto, verificam que existe um material (alvo) diferente e, portanto, começam a testar com os demais, como zinco, cobre, cálcio, platina etc. Notam que, desses, apenas a platina oferece uma menor corrente elétrica.

Destinou-se um tempo de 15 a 20 minutos para os grupos refletirem e, a partir de algumas discussões particulares, levantarem seus posicionamentos acerca do fenômeno em si. Aqui nessa etapa (**Maturação**), os alunos debruçaram-se sobre suas ideias e pensamentos. O professor poderia ser até consultado com mais frequência, dada a limitação de conhecimento teórico dos estudantes sobre o tema, cabendo a ele instigar a investigação, a pesquisa e a reflexão para com os fenômenos correlatos e já existentes ao problema proposto. Vejamos, na Figura 7 a seguir, um registro do atual momento.

Figura 7 – Alunos em salas temáticas, acessando o Simulador (Experimento N. 01) disponível no Portal



Fonte: Elaborada pelos autores.

Enquanto outras equipes também tentam fazer seus paralelos com os encontros anteriores, o aluno M. P., por exemplo, observa que

[...] o LDR vai capturar a luz, alimentando a bobina, fazendo com que o relê que estava aberto se feche e então permita a passagem de corrente, agora é preciso verificar essas outras variáveis que o simulador tem, por exemplo frequência da luz, a intensidade e o material alvo.

Quanto ao fenômeno físico que investigamos desde o princípio, foi unânime a resposta que identificava o efeito elétrico como aquilo que estava por trás do fenômeno. Fato, o efeito fotoelétrico foi sugerido desde encontros anteriores, inclusive pela própria etimologia da palavra, foto (luz) elétrico (corrente ou eletricidade), corrente elétrica oriunda da emissão de luz.

De posse dos apontamentos, os alunos foram convidados a expor suas conclusões para o grande grupo, para cada equipe poder contribuir e receber contribuições pelo trabalho do colega ou equipe vizinha, na construção de um modelo real. Nesse momento (**Solução**), podemos perceber que foi satisfatória a aplicação

da sequência de ensino, de acordo com alguns comentários. Por exemplo, o aluno J. P., na tentativa de responder ao item A, afirma:

[...] professor, pelo que entendi da questão é que o sol vai ter influência fazendo com que o poste acenda ou não. Não se ele vai conseguir iluminar tão intensamente ou tão pouco, assim eu pensei que o que poderia interferir na intensidade da luz, era se ele estaria recebendo a quantia certa de energia para a lâmpada.

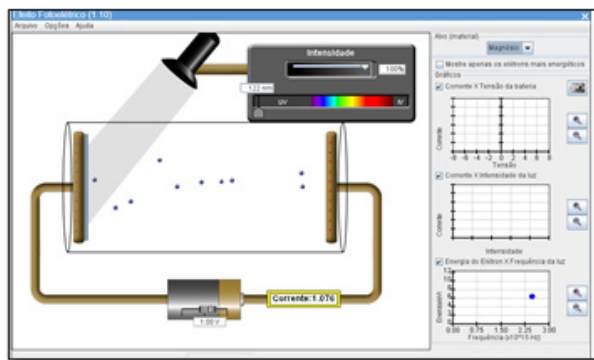
Uma conclusão bem promissora, que utilizaremos na próxima etapa (**Prova**).

O aluno M. P., de outra equipe, complementa,

[...] Nós compreendemos que, o sol tá jogando ali energia luminosa, que vai alimentar o LDR e vai fazer o sistema funcionar, já na ausência dos feixes luminosos (sol), o LDR vai permitir que o relê fique fechado, enquanto isso vai se permitir a passagem toda disponível da corrente, pois não temos um potenciômetro pra dizer quanto de corrente vai passar pra lâmpada, mas percebe-se que quanto maior a frequência mais elétrons são ejetados da placa.

Aqui o aluno, de forma equivocada, menciona potenciômetro, mesmo assim, é válida sua consideração. Abaixo, temos a Figura 8, que revela a compreensão que o estudante teve do fenômeno.

Figura 8 – Demonstração conclusiva do aluno M. P. fazendo uso do simulador



Fonte: Elaborada pelos autores.

Para encerrar, foi preciso nessa etapa (**Prova**) alinharmos os pontos que convergem para a resposta correta do problema, e evoluir, junto aos alunos, com as construções que eles apresentaram e que não foram suficientemente coerentes. É nesse intento, que verificamos se a Tomada de Posição foi ressignificada, ou seja, se houve avanços no tocante à busca pela solução daquela situação-problema. Para isso, fizemos uso do simulador PhET da Universidade do Colorado (EUA), plataforma disponível gratuitamente para livre acesso, incorporado (embutido) ao Produto Educacional (Portal).

O objetivo foi mostrar aos alunos que, dentro do espectro da luz visível, existe uma faixa de luz (cor) que apresenta um mínimo necessário para a ejeção dos elétrons. Com a luz branca emitida pelo sol, não é possível verificar qual frequência é mais importante para o processo de indução de corrente, mas, com o simulador, fica possível observar que, a partir da luz violeta, o processo indução de corrente elétrica se estabelece.

Oitavo encontro – Avaliação dos estudantes para as aulas com a Sequência Fedathi

Por fim, chegamos ao nosso último encontro da intervenção pedagógica. Nele propusemos um debate coletivo, para colher dos discentes uma avaliação sobre a aplicação da Metodologia Fedathi e se ela conseguiu alavancar avanços. O debate é muito importante, e discutir, tanto com pessoas que pensam igual quanto com aquelas cujas ideias são divergentes das nossas, ajuda a avançar para chegarmos a respostas satisfatórias. Temos também o fato de que muitos estudantes não têm coragem de perguntar diretamente ao professor sobre situações do conteúdo ou metodologia da aula. Usando a Metodologia Fedathi, em que o estudante é sujeito ativo da aprendizagem, o aluno fica à vontade, pois poderá dialogar com outro aluno, igual a ele, um reforçando o que outro compreendeu ou falou. O aluno J. P. afirmou:

Estou muito satisfeito, realmente é muito fácil entender assim do que apenas com aula expositiva, no quadro ou com *slide*

[...] esse método faz o aluno despertar o interesse pela investigação, pela pesquisa, pelo trabalho em equipe (colaborativo). Nos sentimos mais úteis durante a aula, como se fôssemos o protagonista na busca pelo conhecimento.

Diante dessa fala do aluno, percebemos claramente que os objetivos foram atendidos, demonstrando que a Metodologia Fedathi funciona como alicerce para o fazer pedagógico do professor e induz ao trabalho criativo e espontâneo do discente. A Metodologia Fedathi leva a rupturas do processo tecnicista ou depositária de educação, já tão incrustado no sistema atual e viabiliza caminhos a serem percorridos para ambos os agentes do processo ensino-aprendizagem.

Reforçando o que já foi exposto, o aluno M. P. apresenta:

[...] é muito gratificante, pra nós estudantes, sermos desafiados a pesquisa e reflexão de um problema, do que simplesmente pensar junto ao professor, quando este expõe conteúdos e mais conteúdos num quadro negro. Dessa forma, buscamos, interagimos, discutimos e concluimos, seja certo ou errado, mas acredito termos evoluído, sendo assim na minha ótica, muito satisfatório a experiência com esse método de ensino.

A fala do aluno M. P. corrobora o que menciona o seu colega de sala J. P.. Enaltece a praticidade do processo e o quanto foi eficiente trabalhar dessa forma dirigida (mediada), isso sem falar no direcionamento que provoca na prática do docente.

Alguns alunos confirmaram, em poucas palavras, o quanto foi positivo o uso da Metodologia Fedathi. Destacaram o fato de se aproximarem de estratégias utilizadas por alguns de seus professores, no entanto, de maneira simplificada, sem essas sequências que o professor fedathiano segue.

Destacaram o fato de que o ensino remoto, algo que foi paliativo durante esse período pandêmico, não contribuiu satisfatoriamente para o entendimento de algumas de suas etapas. Isso por se tratar de um componente curricular de difícil compreensão até

mesmo no presencial, mas que, ainda assim, a Metodologia alavancou resultados satisfatórios. Esse último ponto levantado foi de extrema importância para compreendermos o limite do ensino remoto.

Sabemos que não foi fácil para muitos setores da sociedade conviver e dar sequência à vida, aos negócios, às parcerias e tudo mais durante o período de trabalho remoto. E, no tocante à educação, vimos o quanto foi desafiador ministrar aulas, exigir o cumprimento das atividades e esperar resultados promissores. Mais ainda, numa intervenção pedagógica como aquela a que nos propusemos, usando uma metodologia que prima pelo diálogo entre os estudantes e entre estudantes e professor.

A seguir, temos a fala de um estudante que destaca as dificuldades no ensino remoto:

[...] até que estava gostando, mas durante um momento da aula minha internet caiu e fiquei por pouco tempo, usando os dados móveis que me restava. Até então me pareceu bastante interessante, questionar meu colega, discutirmos juntos a fim de chegarmos a um denominador comum.

Outros complementavam sobre a dificuldade do momento:

[...] professor, aqui em casa teve uma queda de energia desde o início da manhã, não sei se vai dar tempo chegar energia para participar da aula, queria muito pois vi como foi produtivo na semana passada, e hoje não tenho como sair em busca de sinal em alguma casa, estou só.

Pelo fato de o estudante estar em casa, alguns foram cobrados pela família para executar tarefas durante a aula, como mostra a fala abaixo:

[...] professor Edson, licença, hoje infelizmente não poderei participar. Como eu moro no sítio, o senhor já deve saber, agente em casa precisa ajudar na 'lida' da roça. Então hoje não tem como eu poder estar presente.

Enfim, dilemas como esses aconteceram com frequência, e, infelizmente, não podíamos julgar a situação, o quanto cada um desses discursos eram razoáveis. Mas observamos, mesmo assim, que uso da Metodologia Fedathi gerava reflexão, concordância em falas, pensamentos, propostas, no intuito de um modelo geral e concreto para as situações-problema expostos.

Considerações finais

O Efeito Fotoelétrico, verificado e descoberto por Heinrich R. Hertz e, plenamente, explicado por Albert Einstein, jamais pode passar despercebido. Foi um fenômeno que provocou profundas mudanças no meio científico, sem falar nas diversas aplicações do cotidiano. Daí a relevância de tratar do assunto logo na educação básica, em especial apresentando-o aos alunos do Ensino Médio, seja por experimentação, evidência de aplicação ou simulação virtual, como o fizemos pelo Portal Interativo (produto educacional).

Sabemos que inúmeras foram as contribuições que Einstein, o cientista do século XXI, deixou para a humanidade. Entre elas, algumas de notável expressividade no mundo acadêmico, como a Teoria da Relatividade, porém a que lhe rendeu o prêmio Nobel em Física, em 1921, foi o Efeito Fotoelétrico. Dessa forma, perceber o quanto se faz presente em nosso convívio, sua aplicação contemporânea e progresso nos rumos da ciência, torna-se quase que obrigação nossa de físico-professor.

No presente artigo, analisamos o uso da Metodologia Fedathi, como proposta de ensino, que motiva a investigação científica em uma de suas etapas para a construção da aprendizagem, além de oferecer elementos que contribuem para a prática do docente nesse processo de ensino, permitindo a ativa e perene participação do educando durante todo o processo. Mesmo diante de toda dificuldade que nos foi imposta pela pandemia do corona vírus, nos encontros remotos de aplicação, percebemos claramente que os objetivos foram alcançados.

A proposta sempre foi o ensino da Física Moderna, em especial do Efeito Fotoelétrico a partir da experimentação, ainda que por meio de simuladores virtuais, fazendo uso da sequência de ensino fedathiana. Em consonância, foi então desenvolvido o Portal Interativo de Física Moderna, o nosso produto educacional. Nele os alunos foram levados a pesquisar, ler, refletir e simular por meio dos recursos disponíveis e sequenciados pela estrutura lógica, tendo em vista as etapas da Sequência Fedathi: Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova.

Constatamos que a utilização do produto educacional (Portal Interativo) foi peça fundamental da intervenção pedagógica. O que disponibilizávamos eram os recursos de internet, aulas síncronas e simuladores virtuais (*PhET Simulations* – incorporado ao Portal). Dessa forma, nosso produto dialogou perfeitamente com essa prática.

Notamos ainda que a proposta de ensino (Metodologia Fedathi) foi muito bem avaliada, logo após os encontros da aplicação. O que era esperado da disciplina e comportamento dos estudantes se concretizou em suas participações, questionamentos e debates. Foram saberes novos que chegaram, anexados aos conhecimentos prévios e interiorizados, pelo menos é o que foi demonstrado em seus depoimentos. Embora seja muito difícil mensurar o quanto foi significativa essa interferência para os alunos, mesmo tendo ciência de que todas as etapas foram aplicadas com muita clareza.

Um dado importante a ser considerado é que toda a intervenção pedagógica se deu em ambiente virtual, fazendo uso das tecnologias digitais de ensino, em especial das plataformas de *streaming* (*Google Meet*). Os comandos e seus desdobramentos somente foram possíveis graças a esse recurso, que foi potencializado a partir da necessidade de isolamento social imposto pela covid-19.

Os desafios surgiram. Em alguns momentos, impossibilitaram o encontro para alguns estudantes, mas não causaram desânimo na turma, pois tratava-se de um assunto de interesse de todos, uma vez que essa turma era composta de alunos que demandaram estudar sobre esse tema.

A importância do ensino da Física Moderna evidencia-se nos dias atuais, o crescente interesse e curiosidade por temas nessa linha precisam continuar. Vimos que a Metodologia Fedathi foi eficiente e nos acende uma alerta. É preciso provocar ainda mais mudanças no comportamento e prática do docente dentro da sala de aula, pois essa ferramenta é altamente promissora no caminho de uma aprendizagem significativa. Esperamos que o Portal continue disponível e aberto para outros educadores e educandos de física de todo o nosso país, não só para o ensino do efeito fotoelétrico, mas para a difusão do estudo da Física moderna e contemporânea.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Viviane Silva de. *A Sequência Fedathi e o ambiente Virtual de Ensino Telemeios na determinação na equação da reta*. 2011. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

ARAÚJO, F. V. *et al.* Uma Aplicação do Software Educacional PhET Como Ferramenta Didática no Ensino da Eletricidade. *Informática na Educação: teoria & prática*. Porto Alegre, v. 18, n. 2, jul./dez. 2015.

BORDANAVE, I. *Estratégias de aprendizagem*. São Paulo: Vozes, 1993.

BORGES NETO, H. (org.). *Sequência Fedathi: além das ciências duras*. Curitiba: CRV, 2017. v. 2.

BORGES NETO, H. (org.). *Sequência Fedathi: interfaces com o pensamento pedagógico*. Curitiba: CRV, 2019. v. 4.

- BORGES NETO, H. *et al. Sequência Fedathi: uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e matemática*. Fortaleza: Edições UFC, 2013.
- BORGES NETO, H. (org.). *Sequência Fedathi: fundamentos*. Curitiba. CRV, 2018. v. 3.
- EISBERG, R.; RESNICK, R. *QUANTUM PHYSICS, of Atoms, Molecules, Solids, Nuclei, and Particles*. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- FERRARO, N. G.; SOARES, P. T. *Física básica*. São Paulo: Atual, 1998.
- FERRARO, N. G. *et al. Física, ciência e tecnologia*. São Paulo: Moderna, 2001.
- GILMORE, R. *Alice no País do Quantum*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1998.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. *Física 4*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1992.
- HEWITT, P. G. *Física conceitual*. 9. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- MINAYO, M. C. S. (org.). *Pesquisa social: teoria, método e criatividade*. Petrópolis: Vozes, 2001.
- MEDEIROS A.; MEDEIROS, C. F. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, Porto Alegre/RS, v. 24, n. 2, p. 79, 2002.
- NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de física básica, 4: ótica, relatividade, física quântica*. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.
- PAR, A. *Física: eletromagnetismo e Física Moderna*. São Paulo: Ática, 2000.
- OREAR, J. *Física*. Rio de Janeiro, LTC, 1971.

PCN's (MEC / SEMTEC, 2002).

PARANÁ, D. N. da S. *Física*. 6. ed. São Paulo: Ática, 2003.

SOARES, T. A. *A contribuição da Sequência de ensino FEDATHI no processo de ensino e aprendizagem em Física*. 2016. 84f.

Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física)
- Universidade Regional do Cariri, Juazeiro do Norte, 2016.

SOUZA, M. J. A. *Aplicações da sequência FEDATHI no ensino e aprendizagem da geometria mediado por tecnologias digitais*.

2010. 230f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2010.

TIPLER, P. A. *Física*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

YOUNG, H. D. *Fundamentals of Optics and Modern Physics*.
McGraw-Hill Book Company, 1968.

O ENSINO DE FÍSICA COM A UTILIZAÇÃO DA MODELAGEM MATEMÁTICA COMPUTACIONAL APLICADA À EDUCAÇÃO COM O SOFTWARE *MODELLUS*

Francisco Herbert Lima Vasconcelos
José Rogério Santana

Introdução

Um modelo matemático pode ser um sistema de equações cuja solução, dado um conjunto de dados de entrada, é representativa da resposta de um processo. Dessa maneira, ele é a abstração matemática de um processo real. A equação ou o conjunto de equações que compõem o modelo são aproximações desse processo. Assim, o modelo não pode incorporar todas as características (macroscópicas ou microscópicas) de um sistema real. Um dos propósitos apresentados por modelos matemáticos computacionais é gerar simulações de determinado sistema de processos. A simulação computacional propicia uma resposta temporal das variáveis de interesse (variáveis dependentes) de um modelo, quando se excitam suas variáveis de entrada com valores desejados e se definem os valores das condições iniciais

das variáveis dependentes. Pode-se gerar, então, a partir de determinados modelos, simulações de fenômenos físicos representados em animações computacionais a partir de *softwares* de modelização e utilizá-los como recursos de aprendizagem em alguns conteúdos.

A utilização do computador, de *softwares educativos*, voltados à prática do processo de aprendizagem, demonstra-se uma ferramenta fundamental de auxílio ao professor. No ensino de Ciências em Física, o uso dessas ferramentas possibilita a construção e manipulação de situações didáticas curriculares apresentadas de forma estática, ou seja, na maior parte das vezes, apresentam-se equações e fórmulas como algo estruturado sem história, originadas na mente de um gênio e deslocadas do mundo real. Em outros casos, elas são apresentadas como o espelho fiel da realidade. O que se percebe é uma excessiva valorização da matematização dessas situações, impossibilitando que o aluno chegue às suas próprias conclusões acerca de determinados conhecimentos. Em função dessa dificuldade, o uso do computador como ferramenta de construção do conhecimento tem possibilitado a professores e alunos realizarem simulações que permitam a visualização do fenômeno estudado, tornando o modelo matemático didático mais significativo e próximo da realidade dos estudantes.

O saber físico pretende ser uma descrição mais exata possível da realidade, a partir de fatos produzidos ou observados experimentalmente. Ele é um corpo articulado de conceitos, leis, princípios, convenções, que se relacionam por meio de operações lógico-formais e se articulam por meio de regras e fórmulas matemáticas. Portanto, a compreensão conceitual da realidade começa com as idealizações. Essa conquista ocorre quando é estabelecido um modelo conceitual. Segundo Bunge (1974), esse modelo é uma representação esquemática da realidade, ou de uma situação real, e se atribuem a ele propriedades passíveis de serem tratadas por teorias. A construção de um modelo sobre uma teoria, em Física, apresenta-se principalmente no Ensino Médio, nos modelos matemáticos didáticos. Bassanezi (1994) afirma que:

[...] os modelos matemáticos em Física apresentam um conjunto de símbolos e relações matemáticas que expressam e interpretam uma ou mais hipóteses de maneira quantitativa de uma situação próxima da realidade.

São de particular interesse para a Física do Ensino Médio ou até mesmo universitário os modelos que estabelecem alguma relação entre grandezas físicas e suas variáveis. Entretanto, o uso desses modelos torna o conhecimento físico escolar muito difícil, exigindo a memorização de fórmulas cuja origem e finalidade permanecem, geralmente, desconhecidas para o aluno. A introdução da modelagem computacional no processo de ensino e aprendizagem tende a desmistificar essa imagem da Física no âmbito escolar. Esse processo de modelagem a partir da construção de simulações possibilita uma maior compreensão dos conteúdos e contribui para o desenvolvimento cognitivo em geral. Permite ainda a construção de relações e significado, favorecendo uma aprendizagem construtivista. Assim, pode-se elevar o processo de aquisição do conhecimento, exigindo que os estudantes pensem em um nível mais elevado, generalizando conceitos e relações além de propiciar oportunidades para que os alunos testem seus próprios modelos cognitivos, detectando e corrigindo inconsistências. Tais programas de modelagem e simulação são ferramentas da maior valia em processos científicos, pois a compreensão do saber científico e a construção do conhecimento em Física passam pela modelagem, e esses *softwares* costumam ser tais que facilitam estudos exploratórios individuais. Desse modo, eles podem servir como elementos motivadores para o trabalho colaborativo em sala de aula. Diante da problemática que envolve o ensino de Física, e da possibilidade do uso de recursos computacionais aliados à modelagem na construção do conhecimento, por meio desta pesquisa, desenvolvemos simulações a partir de modelos matemáticos aplicados à Física e realizamos sua aplicação com professores para detectar a viabilidade dessas ferramentas no processo de ensino e aprendizagem.

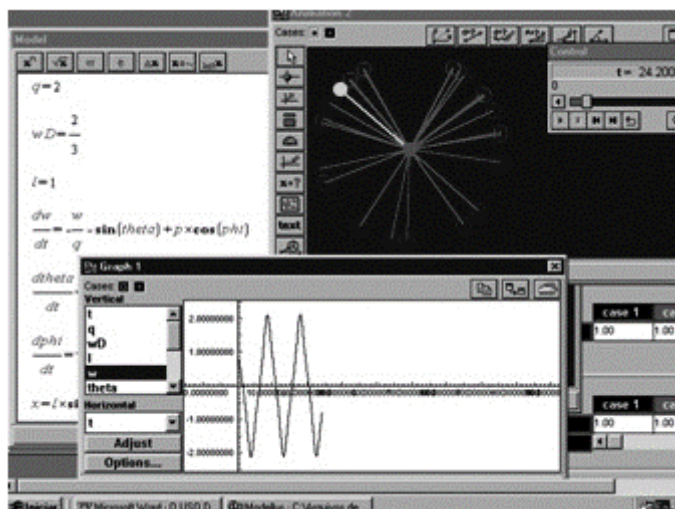
Torna-se necessário, assim, que o professor apresente a Física ao aluno como uma disciplina de investigação, voltada para ajudá-lo a compreender e explicar a sua realidade. No entanto, o que se verifica é que o ensino de Física sempre privilegia a memorização e aplicação automática de fórmulas, totalmente desvinculadas da realidade e do interesse do aluno. Isso se deve, principalmente, pela dificuldade de visualização das situações físicas discutidas pelo professor e a sua relação com o modelo matemático estudado.

Desse modo, aplicar a modelagem matemática computacional no ensino de física e investigar a postura do professor diante do uso das novas tecnologias educacionais aplicadas ao ensino mediado por computador consiste em verificar as potencialidades dessa ferramenta didática de visualização, assim como sua viabilidade na construção do conhecimento.

O Processo de Modelagem Computacional aplicada ao ensino de Física

Para a modelagem dos modelos físicos propostos, utilizaremos o *software Modellus*, que é um ambiente computacional de modelagem matemática desenvolvido em linguagem C++, dirigido para professores de Matemática e de Ciências Físico-Químicas e a alunos dos anos finais do ensino básico, ensino secundário e do ensino superior. Esse *software* permite a construção e simulação de modelos de fenômenos físicos a partir das equações matemáticas que representam tais fenômenos. Assim, quando o aluno descreve o modelo matemático que traduz determinado fenômeno, o *Modellus* permite uma simulação computacional, possibilitando ao aluno uma análise diferenciada da situação física. A modelagem matemática é de fundamental importância para proporcionar a construção e manipulação de modelos dinâmicos quantitativos matematicamente de modo que estes possam ser analisados de forma mais clara e concisa.

Figura 1 – Software Modellus



Fonte: Elaborada pelos autores.

O *Modellus* é um *software* educacional que permite a alunos e professores criarem e modelarem situações e experiências baseadas em modelos matemáticos já existentes. Muitos experimentos científicos baseados em modelos matemáticos são complexos devido a dificuldades existentes nos cálculos. A utilização desse recurso permite a solução dos cálculos, encarregando-se de resolver suas complexidades e oferece ao aluno a possibilidade de refletir e analisar os modelos.

No entanto, a utilização da modelagem computacional no contexto educacional, demanda o delineamento de uma investigação que inclua tanto o desenvolvimento de atividades de modelagem, quanto a sua efetiva utilização em sala de aula para que se possa concluir sobre o real potencial de sua integração no cotidiano de sala de aula.

Para exemplificar nosso estudo de modelagem matemática aplicada ao ensino de Física, modelaremos no computador um corpo em queda livre.

Modelagem Computacional: o caso da queda livre

O movimento de queda livre de um corpo próximo ao solo ocorre quando este corpo é abandonado no vácuo ou se considera desprezível a ação do ar. Seu estudo é idêntico ao de um lançamento na vertical. Esses movimentos são descritos pelas mesmas funções horárias dos movimentos uniformemente variados (MUV) na horizontal.

Faremos agora um modelo matemático referente à trajetória de um corpo abandonado do alto de um edifício até atingir o solo. A partir do modelo, desenvolveremos a simulação computacional do fenômeno.

Como a partícula descreverá um deslocamento no eixo vertical, utilizaremos a seguinte equação:

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.1}$$

Considerando que partícula foi solta e que sua velocidade inicial era ZERO ($v_0 = 0$), então:

$$y = y_0 + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.2}$$

Sendo y_0 a altura do edifício, temos que:

$$y = \text{Altura} + \frac{1}{2} a \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.3}$$

A aceleração do movimento vertical de um corpo no vácuo é denominada de aceleração da gravidade, sendo indicada pela letra g . Consideramos ainda o g negativo, pois o corpo está em queda:

$$y = \text{Altura} - \frac{1}{2} g \cdot t^2 \quad \text{Equação 2.4}$$

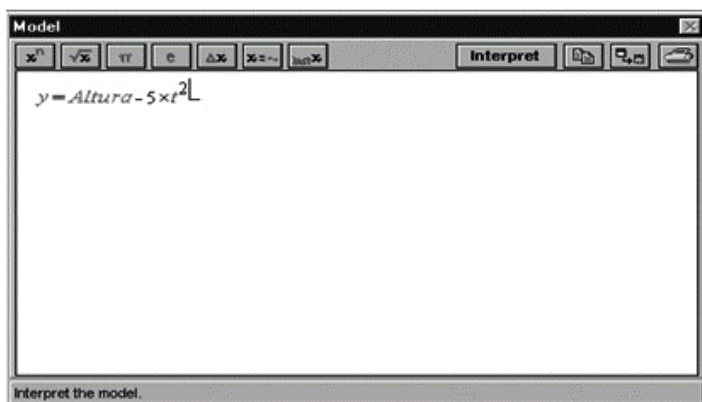
O valor normal da aceleração da gravidade na Terra é tomado ao nível do mar, a uma latitude de 45° e é de aproximadamente 10m/s^2 . Substituindo, ficamos com:

$$y = \text{Altura} - 5.t^2 \quad \text{Equação 2.5}$$

Utilizando a equação 2.5 que satisfaz o modelo que representa o fenômeno que estamos estudando, realizaremos a simulação computacional.

Inicialmente, iremos inserir o modelo gerado a partir da atividade de modelagem do fenômeno no *software*. Nesse momento, o programa faz uma verificação das variáveis do modelo e interpreta a simbologia matemática utilizada.

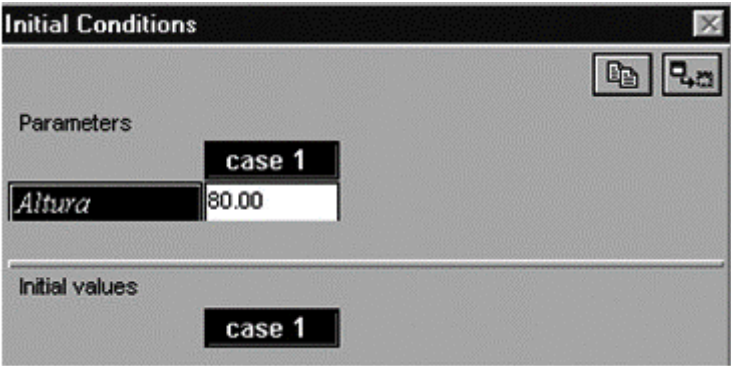
Figura 2 – Janela onde se insere o Modelo Matemático



Fonte: Elaborada pelos autores.

Agora, definiremos os valores dos parâmetros do nosso modelo. Considerando a variável t uma variável independente, temos apenas que definir a variável altura. Portanto, supondo que, nessa situação, o edifício de onde a partícula foi solta tinha 80 metros de altura, teremos que:

Figura 3 – Condições iniciais do Modelo



Fonte: Elaborada pelos autores.

Variando o valor de t em um determinado intervalo de valores numéricos, podemos fazer y também variar. Dessa forma, chegamos à dinamicidade da resolução numérica do modelo matemático.

Figura 4 – Tabela de valores gerada no Software

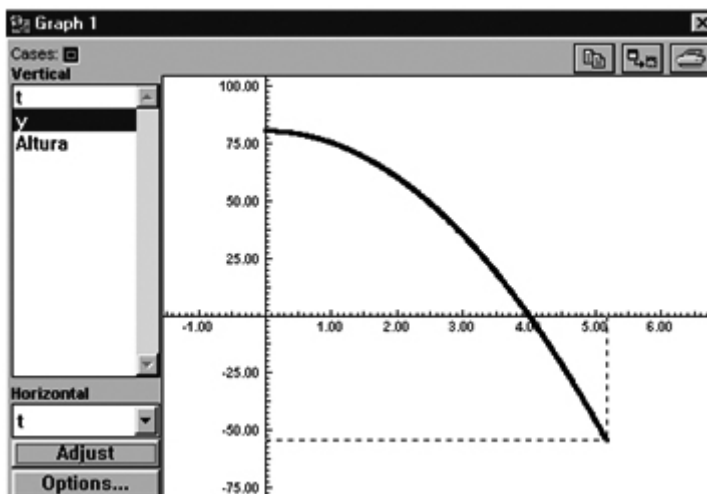
The image shows a software window titled "Table 1" displaying a table of numerical results. The table has three columns: t , y , and $Altura$. The rows show values for t from 0.00 to 0.18 in increments of 0.01. The values for y start at 80.00 and decrease slightly over time, while the values for $Altura$ remain constant at 80.00. There are icons for saving, printing, and zooming in the top right corner.

t	y	$Altura$
0.00	80.00	80.00
0.01	80.00	80.00
0.02	80.00	80.00
0.03	80.00	80.00
0.04	79.99	80.00
0.05	79.99	80.00
0.06	79.98	80.00
0.07	79.98	80.00
0.08	79.97	80.00
0.09	79.96	80.00
0.10	79.95	80.00
0.11	79.94	80.00
0.12	79.93	80.00
0.13	79.92	80.00
0.14	79.90	80.00
0.15	79.89	80.00
0.16	79.87	80.00
0.17	79.86	80.00
0.18	79.84	80.00

Fonte: Elaborada pelos autores.

Verificaremos o gráfico cartesiano gerado no modelo, a partir das variáveis y x t dessa situação:

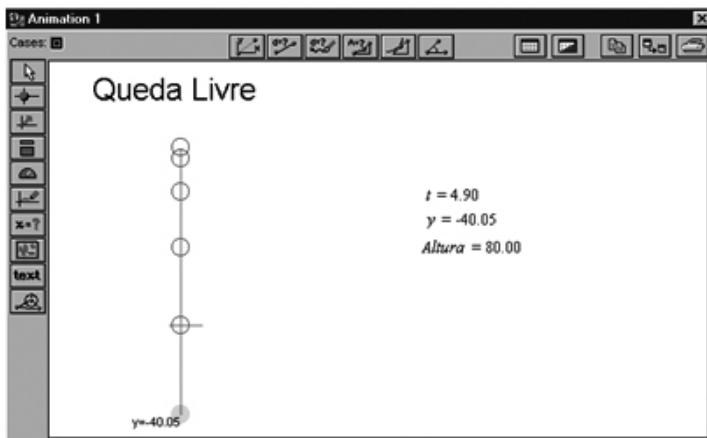
Figura 5 – Gráfico das variáveis do Modelo y x t



Fonte: Elaborada pelos autores.

Finalizaremos essa construção, realizando a simulação do fenômeno, a partir do modelo matemático implementado, construindo, portanto, uma animação no computador.

Figura 6 – Simulação física do modelo gerado



Fonte: Elaborada pelos autores.

Por meio desse exemplo, pode-se demonstrar, simplificada-mente, o processo de modelagem matemática no computador, passando por suas principais etapas de realização.

Objetivos da pesquisa

Como objetivo geral desta pesquisa, temos:

- Analisar o uso da modelagem matemática computacional a partir do desenvolvimento de simulação, utilizando *software* educativo, e verificar sua viabilidade no processo de construção do conhecimento.

Dentre os objetivos específicos de pesquisa, podemos destacar:

- Diagnosticar as crenças e percepções dos professores acerca do ensino de Física assistido por computador, assim como os limites e possibilidades dessa ferramenta;
- Detectar as potencialidades do uso da modelagem matemática no processo de ensino e aprendizagem em Física;
- Subsidiar a prática do professor na construção de simulações computacionais utilizando os modelos matemáticos didáticos de Física do Ensino Fundamental e Médio.

Metodologia de pesquisa

Esta pesquisa foi realizada em dois momentos distintos. Em um primeiro momento, foram realizadas as atividades de modelagem matemática utilizando o computador, buscando verificar todas as possibilidades de simulação e modelização dos fenômenos abordados. No momento seguinte, realizamos uma pesquisa de campo, por meio de um experimento com professores do Colégio Militar de Fortaleza, para analisar como o professor verifica as potencialidades do uso dessa nova ferramenta de auxílio em sala de aula.

Fundamentos teóricos utilizados durante a investigação

Os procedimentos teóricos e investigativos da pesquisa tiveram como diretivas os princípios da pesquisa-ação com alicerce teórico-metodológico na Sequência Fedathi e na Engenharia Didática. Segundo Hugo & Seibel (1998), a pesquisa-ação “trata-se de pesquisas nas quais há uma ação deliberada de transformação da realidade, pois são pesquisas que possuem dois objetivos principais: transformar a realidade e produzir conhecimentos relativos a essas transformações”.

Uma vez que os pesquisadores atuam no cerne dessa investigação, garantindo o andamento das suas etapas, sendo também atores, valer-se-ão das técnicas de observação participante completa (OPC) de Adler (1998) e atendo-se a métodos qualitativos. Na OPC, o pesquisador ou está implicado desde o início, porque já era membro do grupo antes de começar a pesquisa ou ele se torna membro do grupo por convenção, porque provém de fora.

Sequência Fedathi e Engenharia Didática

A Sequência Fedathi é uma proposta teórico-metodológica, desenvolvida por Borges Neto (2001), que propõe que os conhecimentos matemáticos ou de outros saberes em sala de aula sejam ensinados pelo professor, com base no desenvolvimento do trabalho científico de um matemático (a *méthode*, do matemático francês René Descartes), articulando tais ideias com as concepções sobre mediação, baseadas nos pressupostos teóricos de Vygotsky (Santana & Borges Neto, 2003). Essa proposta tem, como princípios, a realização de quatro estágios básicos: tomada de posição, maturação, solução e prova.

1. **Tomada de posição:** É a transposição didática de um problema matemático para o aluno. Não se trata de um enunciado, mas sim de um modo de mostrar o problema. É importante que todo o processo dependa da transposição didática. Também aqui é estabelecido o contrato didático da atividade com o aluno;
2. **Maturação:** É o desenvolvimento da atividade pelo aluno. Nesse momento, a postura didática do professor é a da não intervenção (pedagogia *mão-no-bolso*) ou intervenção programada para que o estudante possa pensar, tentar, errar e colaborar com seus colegas se for possível, pois matemática é uma atividade coletiva. A palavra “debruçamento” é oriunda do francês *débrouiller*, cujo sentido é “debruçar sobre um problema”, pensar, contextualizar e procurar compreender;
3. **Solução:** É a formalização e a confrontação matemática das ideias do(s) aluno(s). Trata-se do processo de sistematização e organização matemática; entretanto, a confrontação requer o uso de argumentos matemáticos por meio de contraexemplos locais e globais, conforme Lakatos (1978). Se a solução do aluno apresentar problemas, retorna-se à **Maturação**; caso contrário, significa que a atividade foi solucionada a contento, o que pode significar até um “não sei”;
4. **Prova:** Nesse momento, a solução proposta pelo aluno é formalizada, e as ideias são mais uma vez revisadas.

A Engenharia Didática é uma forma de trabalho didático semelhante à de um engenheiro, que, quando da realização de um projeto, apoia-se em subsídios científicos de seu domínio, submetendo-se a um controle de tipo científico (Artigue, 1980). Segundo as palavras de Douady, a Engenharia Didática é...

Uma sequência de aula(s) concebida(s), organizada(s) e articulada(s) no tempo, de forma coerente, por um professor-engenheiro para realizar um projeto de aprendizagem para uma certa população de alunos. No decurso das trocas entre professor e alunos, o projeto evolui sob as reações dos alunos e em função das escolhas e decisões do professor (Machado, 1993).

Na engenharia didática, há quatro fases que permitem a concepção de uma sequência de ensino. São elas a análise pre-

liminar, análise *a priori*, experimentação e análise *a posteriori*. Detalhadamente, pode-se dizer que:

- **Análise preliminar:** Consiste na análise epistemológica dos conteúdos que se pretende trabalhar no desenvolvimento dos materiais junto ao aluno. Nesse contexto, são importantes os estudos sobre os processos educacionais desenvolvidos em classe (o meio, os instrumentos, a mediação do professor). Em suma, pretende-se dar subsídios ao desenvolvimento da análise *a priori*;
- **Análise *a priori*:** Consiste na preparação de sequências didáticas e do esquema experimental para a ação em classe, onde serão delimitadas variáveis de controle que possibilitem conhecer o que se pretende experimentar, no caso do projeto de pesquisa trata-se do processo de construção e elaboração de material e atividades;
- **Experimentação:** É a execução dos processos desenvolvidos na análise *a priori*, ou seja, a realização de cursos-piloto em que se recorre à pesquisa-ação experimental em educação. No caso, deve-se observar o envolvimento dos professores e alunos por meio de filmagens desenvolvidas no decorrer do curso.
- **Análise *a posteriori*:** É a compreensão e a interpretação dos resultados da experimentação. Seu objetivo é oferecer um *feedback* para o desenvolvimento de uma nova análise *a priori* para uma nova experimentação, concebendo o desenvolvimento das atividades como uma atualização dos processos em questão.

Pesquisa de campo

O curso foi dividido em sessões. Em cada uma delas, buscava-se, por meio das sequências didáticas, elementos para análise. Os dados da pesquisa de campo foram coletados a partir de entrevistas semiestruturadas, observações e filmagens das ações do grupo durante as sessões do curso. As aulas foram ministradas no Laboratório de Informática da escola e divididas em quatro sessões, em que foram desenvolvidas as seguintes atividades:

1ª Sessão

Na sessão inicial do curso, realizamos o Contrato Didático junto aos professores. Definimos os principais objetivos, delimitamos o horário de realização das atividades e apresentamos as características da ferramenta computacional disponível. Nos momentos iniciais, também foram apresentadas as metodologias de trabalho envolvidas na postura do professor (Sequência Fedathi), assim como no planejamento de todo o conteúdo a ser desenvolvido durante a realização das sessões.

Na segunda parte dessa sessão, desenvolvemos atividades de manipulação utilizando o *software Modellus*, onde se realizou modelagem matemática de situações físicas simples, como o movimento de uma partícula em linha reta.

Figura 7 – Grupo de professores que participaram do experimento



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 8 – Apresentação das metodologias aos professores



Fonte: Elaborada pelos autores.

Figura 9 – Proposição e realização das atividades de modelagem



Fonte: Elaborada pelos autores.

2ª Sessão

Na primeira etapa desta sessão, propusemos aos professores que desenvolvessem atividades didáticas de Queda Livre utilizando o computador. As atividades foram elaboradas tomando como base livros didáticos do Ensino Médio que tratam do assunto. Por meio desses problemas, analisamos a capacidade de transposição didática do professor para resolver problemas e apresentar suas soluções utilizando o computador. Essa atividade foi útil para que os professores envolvidos na pesquisa pudessem detectar as principais possibilidade e potencialidades do *software Modellus*, e o uso da simulação para o ensino. Durante a segunda parte da sessão, os professores realizaram simulações computacionais utilizando os modelos apresentados por eles para resolver os problemas anteriormente propostos.

3ª Sessão

Nesta sessão, preparamos para os professores uma atividade-problema em que aplicamos a Sequência Fedathi. Os professores foram organizados em duplas, cada dupla usando um computador. Propusemos que eles desenvolvessem um modelo e simulassem uma partícula em movimento circular. O problema foi apresentado de forma estruturada, por meio de uma ficha de atividade, que trazia as principais características físicas da situação. Além disso, utilizamos o recurso visual de um corpo em movimento circular em uma simulação no computador. Durante quase três horas, os professores foram levados ao desenvolvimento da equação que modelasse aquela situação e, por conseguinte, gerasse a simulação proposta. Nessa fase de debruçamento do problema, eles foram levados a utilizar a tecnologia do lápis e papel, buscando analisar a situação, criando um modelo que satisfizesse o problema e que, ao mesmo tempo, estivesse de acordo com a plataforma de simulação computacional utilizada, no caso, o programa *Modellus*. Ao final

da sessão, cada dupla de professor apresentou sua solução para a questão. Por fim, apresentamos a solução formalizada do problema, demonstrando duas funções que representavam exatamente a ideia desse modelo por meio da simulação computacional, levando o professor a refletir sobre as principais falhas em seu modelo, de tal forma a fazê-lo repensar sobre o conhecimento físico a ser explorado em uma simulação pelo computador.

4ª Sessão

Para a última sessão realizada, repetimos a experiência de aplicação da sequência didática anterior. Solicitamos às duplas que desenvolvessem o modelo matemático de um pêndulo físico e realizassem sua simulação. Esse problema foi apresentado utilizando a mesma ficha de atividade, onde descrevíamos a situação e suas principais características, assim como apresentamos o problema em uma simulação no computador. Novamente, os professores realizaram a etapa de resolução do problema e desenvolveram vários modelos parcialmente viáveis. Quando apresentamos a solução formalizada do problema e a interação dinâmica da atividade com o *software*, eles corrigiram suas equações e desenvolveram a simulação corretamente.

Discussões e resultados

Com a realização da modelagem matemática utilizando o computador, verificou-se que é possível utilizar esse recurso como estratégia de simulação científica de determinados fenômenos físicos, assim como pode colaborar no processo de aprendizagem de determinados conteúdos curriculares que possam ser modelados.

A realização em etapas do experimento de campo permitiu verificar facilmente o desenvolvimento das habilidades do corpo docente com relação ao uso do computador. A seguir, iremos apresentar as principais ações dos professores em cada sessão, que permitem

compreender o processo de modelagem matemática utilizando o computador para o ensino de Física, destacando características e peculiaridades desse processo. Dentre as situações observadas, em cada sessão, podemos destacar:

1ª Sessão: durante esta sessão, verificou-se que o grupo de professores apresentou resistência ao uso das metodologias propostas. Normalmente novas propostas metodológicas de trabalho apresentavam-se como algo de difícil aceitação, principalmente pelo fato de exigir uma quebra das posturas tradicionalistas do professor em sala de aula. Durante a apresentação do *software*, houve inicialmente por parte do público dificuldade em manipular as janelas e os principais recursos disponíveis. Após algumas atividades, observou-se que tais dificuldades foram superadas.

2ª Sessão: ao solucionarem os problemas propostos, os professores demonstraram facilidade em realizar as construções dos modelos. Acreditamos que o fato se deve ao domínio apresentado em relação às atividades oriundas de livros didáticos. Outro fator de destaque foi a realização das simulações propostas nas atividades elaboradas. Embora houvesse, por parte dos professores, pouco tempo de manipulação do programa, eles concretizaram as simulações dos eventos que ocorriam nas atividades utilizando o computador.

3ª Sessão: nesta sessão, apresentamos uma situação não vinculada a problemas clássicos de Física. Utilizou-se a metodologia de trabalho, com o objetivo de aplicar a sequência didática proposta. Durante a apresentação da solução dos resultados por parte dos professores, observamos que os modelos desenvolvidos pelas duplas não apresentavam viabilidade quanto à elaboração da simulação. Acredita-se que a falha se deva a dois fatores:

- a não formação dos professores para o uso da tecnologia computacional a partir de modelos para gerar conhecimento, pois,

nas atividades transpostas do livro didático, houver soluções viáveis, enquanto, nas atividades não tradicionais, o modelo desenvolvido não resolvia o problema proposto;

- a dificuldade encontrada pelos professores em manipular e simular modelos computacionais, que exigem um conhecimento diferenciado daquele trabalho em sala de aula.

4ª. Sessão: repetimos o experimento realizado na sessão anterior, chegando às mesmas conclusões desta.

Considerações finais

Por meio desta pesquisa, pôde ser analisado o uso da modelagem computacional com atividades didáticas de simulação, utilizando *software* educativo e sua viabilidade de utilização no processo de construção do saber.

Detectamos, como principais crenças e percepções dos professores acerca do ensino de Física assistido por computador, duas opiniões distintas: alguns professores acreditam que o uso do computador poderá apresentar-se como um instrumento de resolução de todos os problemas até hoje presentes no ensino de Física, enquanto outros consideram que tal ferramenta poderá dificultar o aprendizado de alguns conteúdos, devido à complexidade no manuseio dos *softwares*.

Com as atividades propostas durante o experimento é possível perceber que o processo de modelagem e simulação matemática com o uso do computador poderá tornar-se uma alternativa de grande potencialidade para o ensino de ciência e para a construção do conhecimento no âmbito escolar. As atividades propostas durante o curso são apresentadas sobre uma sequência didática que pretende desenvolver a capacidade de construir conceitos e levar o aluno a vivenciar as etapas de construção de uma equação, ou seja, comunicar seus resultados em forma de um modelo.

Acreditamos que o experimento realizado com professores demonstra que atividades bem estruturadas e o ensino assistido por computador constituem um meio didático para que os alunos passem a conhecer o papel estruturador da matemática na Física, no qual uma função torna-se um mecanismo que descreve um fenômeno físico pertencente ao cotidiano. Dessa forma, faz-se o aluno refletir sobre conceitos, fórmulas e equações desenvolvendo a capacidade de raciocinar criticamente sobre os conteúdos.

Outro aspecto relevante nesta pesquisa é a dificuldade do professor em utilizar a simulação computacional a partir dos modelos desenvolvidos na resolução dos problemas. Percebe-se que, embora os modelos estivessem corretamente resolvidos, ao serem levados ao computador, não se adequaram às exigências dinâmicas do *software*. Isso se deve principalmente ao fato de que, embora a maioria dos professores envolvidos no experimento tenha domínio quanto aos conteúdos trabalhados durante a pesquisa, eles não apresentam conhecimento sobre o uso das novas tecnologias aplicadas ao ensino. Durante a pesquisa, por meio da observação dos depoimentos e relatos dos professores, constatou-se que essa deficiência é devida, principalmente, a dois fatores. O primeiro fator é de ordem cultural, pois a maior parte dos professores resiste ao uso do computador como aliado ao ensino, por apresentarem dificuldades quanto ao domínio tecnológico e as novas metodologias propostas. O outro fator decorre do primeiro: os professores não têm formação específica para a manipulação da nova ferramenta em sala de aula.

Como possibilidade didática, o uso da simulação pode permitir o desenvolvimento de procedimentos dedutivos acerca de situações físicas. No entanto, ao professor cabe o processo de levar o conhecimento durante a preparação de atividades que possam gerar novas posturas ao aluno. Nesse aspecto, o refinamento da capacidade negociadora do professor e o desenvolvimento de uma nova postura frente aos estudantes constituem um exercício que requer confiança, mas, ao mesmo tempo, requerem que o professor exercite o ato de não fazer, para que o aluno possa fazer em seu lugar. Quanto

aos tipos de limitação decorrentes das situações vivenciadas durante a realização das atividades, podemos destacar:

Divergências quanto ao conceito de modelagem: a modelagem matemática é um processo realizado com a finalidade de desenvolver modelos matemáticos, geralmente a partir de equações diferenciais, para representar determinado fenômeno. Já a modelagem computacional aplicada à educação consiste em desenvolver ferramentas que representem o conteúdo, de forma didática, utilizando gráficos, tabelas e simulações de um evento, a partir de modelos matemáticos que se apresentam em situações clássicas utilizadas pelos alunos. Ocorreram, durante o curso, divergências conceituais quanto ao termo modelagem por parte dos professores. Entretanto, não houve desvio dos objetivos didáticos estabelecidos para o estudo proposto.

Erros computacionais ou *bugs*: são situações decorrentes das limitações computacionais e/ou dos erros em procedimentos de programação. Neste estudo, foram identificados alguns desses *bugs*, como limitação quanto à representação do valor zero, a presença de equações que apresentem sinal mais e menos simultaneamente, entre outros.

Dificuldade em manipulação: são situações em que ocorre algum tipo de imperícia no manuseio de um comando ou janela que exige mais experiência ou habilidade. Devido à grande quantidade de janelas e recursos disponíveis no *software Modellus*, esse tipo de dificuldade ocorreu de forma frequente durante todo o experimento.

REFERÊNCIAS

ANGOTTI, J. A. P. Fragmentos e totalidades no conhecimento científico e no ensino de ciências. 1991. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1991.

Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48133/tde-20052015-095531/>. Acesso em: 12 set. 2020.

ARTIGUE, M. “Ingénierie didactique”. In: BRONCKART, J. P. *et al.* (dirigée). 1996. *Didactique des mathématiques*: textes de base em pédagogie. Delachaux et Niestlé S. A., Lausanne (Switzerland) Paris. 15, p. 84-120.

BASSANEZI, R. A. *Modelagem matemática*. Dynamis, Blumenau, SC, v. 1, n. 7, p. 55-83, 1994.

BORGES NETO, H.; SANTANA, J. R. A teoria de Fedathi e sua relação com o intuicionismo e a lógica do descobrimento matemático no ensino, EPENN, 15, São Luís do Maranhão, 2001. 18p.

BUNGE, M. *Teoria e realidade*. São Paulo: perspectiva, 1974, 174p.

CAMILETTI, G.; FERRACIOLI, L. A. Utilização da Modelagem Computacional Quantitativa no Aprendizado Exploratório em Física. *Cadernos do ModeLab*, n. 10, 2001. 12p.

DIENES, Z. P.; GOLDING, E. W. *Exploração do espaço e prática de medição*. São Paulo: Herder, 1969. p. 120-311.

KNELLER, G. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro: Zahar; São Paulo: Edusp, 1980. p. 98-156.

SANTANA, J. R.; BORGES NETO, H. Sequência Fedathi: uma proposta de mediação pedagógica na relação ensino/aprendizagem. In: VASCONCELOS, J. G. (org.). Fortaleza: UFC, 2003. p. 18-210.

TEODORO, V. D.; VIEIRA, J. P.; CLÉRIGO, F. C. *Introdução ao Modellus*. Portugal: Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade de Nova Lisboa, 2000. 237p.

PARTE 3

SEQUÊNCIA FEDATHI E SUAS INOVAÇÕES

POLÍGONO FEDATHI

ASPECTOS HISTÓRICOS DA IMERSÃO PEDAGÓGICA FEDATHIANA

Jessica de Castro Barbosa
Daniele de Oliveira Xavier
Fernanda Maria Almeida do Carmo

Introdução

O conjunto de fatores que permeiam e envolvem o processo educacional, considerando o processo de ensino e aprendizagem e incluindo os sujeitos, as condições estruturais e as relações interpessoais na dinâmica de sala de aula, tem sido foco, há muito tempo, de estudos e análises que objetivam, predominantemente, mapear e desenvolver práticas para auxiliar na promoção de uma Educação de qualidade.

Tem-se, nessa perspectiva, uma extensa produção científica, que apresenta e disponibiliza uma diversidade de ideais e metodologias amplamente defendidas e divulgadas como *inovadoras* ou *revolucionárias*, a exemplo das metodologias ativas ou da sala de aula invertida (Bergman; Sams, 2016).

O debruçamento e a análise de grandes áreas, como a Pedagogia, a Psicologia e as Ciências Humanas, sobre os processos educacionais, provêm da própria necessidade de entender o funcionamento da sociedade e do mundo, pois é possível afirmar que a história e o desenvolvimento do mundo convergem, de alguma forma, com a história da Educação (Saviani, 1991).

A relação do homem com o meio e com a sociedade constitui, de forma velada, uma relação de ensino e aprendizagem. Essa interação é caracterizada por diversas vertentes e elementos que evoluem conforme o passar do tempo e, além disso, são influenciadas por determinados contextos. Em resposta a isso, surgiram novas formas de ensinar e aprender, orientando ações organizacionais de escolas.

Dito isso, salienta-se a importância de elencar a multipluridade e a multidimensionalidade de dinâmicas pedagógicas, objetivando refletir sobre como as mudanças, que aconteceram e acontecem até os dias atuais no contexto educacional, impactam nos resultados de aprendizagem discente.

Observando, no decorrer da história, a relação entre ensinar e aprender, que passa a ser regulamentada pela instituição escolar, nota-se que os processos de ensino e aprendizagem são, primordialmente, resultantes da relação entre professores e estudantes em ambientes educacionais. Nesse contexto, são consideradas as posturas e situações munidas de intencionalidade, a fim de promover reflexões e conduzir a novos saberes e conhecimentos.

A metodologia de ensino Sequência Fedathi, nesse sentido, adentra esse construto como condutora da ação docente, impactando diretamente em todo o processo educativo. A referida metodologia possui um processo contínuo de desenvolvimento e de atualização, sempre aperfeiçoando suas concepções e conceitos. Além disso, ela acompanhou, no decurso do tempo, a evolução das tecnologias digitais, explorando, de maneira científica e pedagógica, o uso delas para a Educação. A Sequência Fedathi permeia, ainda, a dinâmica de sala de aula aqui apresentada, por meio de suas etapas e, principalmente,

de seus fundamentos e conceitos-chave, utilizados pelos docentes em suas imersões pedagógicas.

Nesse contexto, surge o Polígono Fedathi, discutindo a dinâmica de ensino e aprendizagem, por meio da metodologia de ensino Sequência Fedathi, e considerando a relação entre os sujeitos elementares (docentes e discentes), que, por meio de artefatos, tecnologias e linguagens (mediação), promovem desenvolvimentos raciocinais no desenvolvimento do saber e na sedimentação do conhecimento.

Este capítulo tem o objetivo de descrever o Polígono Fedathi, apresentando os elementos envolvidos em sua dinâmica, explicando mais sobre a Sala de Aula Ampliada e a mediação a partir da metodologia de ensino Sequência Fedathi. Posteriormente, é feito um resgate histórico da elaboração do Polígono Fedathi, considerando estudos já existentes sobre o Triângulo Pedagógico de Houssaye (1998) e o Tetraedro de Lombard (2003). E, a partir dessa compreensão, será discutida a dinâmica de Sala de Aula Ampliada com ênfase no Polígono Fedathi, evidenciando as experiências do Laboratório de Pesquisa Multimeios/UFC.

Explanaremos, ainda, acerca dos vértices desse esquema em polígono, a partir do olhar fedathiano, refletindo sobre como cada elemento interfere no processo de Ensino, ¹ e qual a relevância da dinâmica de Sala de Aula Ampliada.

O Polígono Fedathi

A constante mudança de comportamento das gerações, ocasionada, principalmente, pela evolução tecnológica, destaca a necessidade de evolução no modo de construir os processos formativos. Estudos sobre a Teoria das Gerações (Mota, 2010) ressaltam

¹ O conceito de ensinagem é entendido como um processo de desenvolvimento do trabalho do professor a partir da construção de um preceptorado, sendo este o conjunto de todas as relações que possam ser pensadas em termos didáticos durante a preparação de uma aula (Borges Neto; Santana, s. d., p. 2).

as características de cada geração e seu relacionamento com processos culturais, de aprendizagem, uso de tecnologias, entre outros. Alguns teóricos buscam explicar o processo formativo por meio de diferentes vértices e polos envolvidos nesses contextos.

Dessa maneira, diversos estudiosos da Educação propõem estruturas pedagógicas utilizando representações matemáticas, destacando-se, dentre eles, a teoria de Jean Houssaye (1998). Esse autor defende o processo didático baseado em três diferentes vértices que se relacionam. Trata-se do Triângulo Pedagógico, constituído pelos elementos “saber”, “professor” e “aluno”. Para o autor, relações duais favorecem o processo de ensino e aprendizagem, considerando as seguintes relações: *i*) “professor” + “saber” = “ensinar”; *ii*) “professor” + “alunos” = “formar”; *iii*) “aluno” + “saber” = “aprender”. Tal perspectiva pode ser apreciada no Quadro 1 (Barbosa, 2020).

Quadro 1 – Processo relacional do Triângulo Pedagógico de Houssaye (1998)

RELAÇÃO ROTACIONAL DO TRIÂNGULO PEDAGÓGICO	
ENSINAR	PROFESSOR + SABER
FORMAR	PROFESSOR + ALUNOS
APRENDER	ALUNOS + SABER

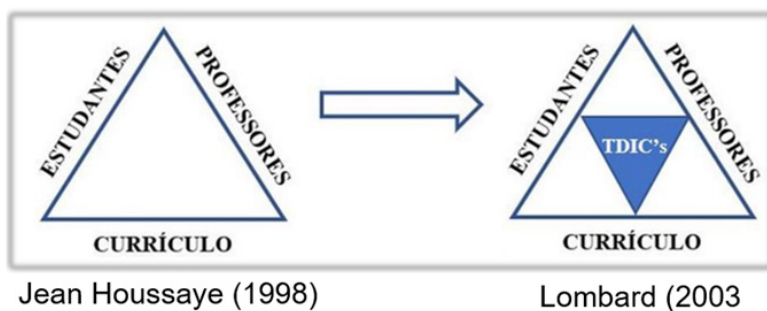
Fonte: Elaborado pelos Autores.

Há diversas críticas acerca do triângulo pedagógico, pois entende-se que ele limita as relações entre seus elementos, uma vez que estes se relacionam apenas de forma dual, colocando sempre um terceiro vértice em exclusão. Além disso, o triângulo pedagógico também reduz a sala de aula a somente três elementos, desconsiderando, por exemplo, um elemento essencial: a mediação.

Com as tecnologias digitais, a concepção do Triângulo Pedagógico foi revisitada por Lombard (2003), transformando-o em Tetraedro Pedagógico. Apesar da inclusão das Tecnologias Digitais

de Informação e Comunicação (TDIC), a concepção de Lombard (Barbosa, 2003) pouco altera a proposta inicial de Houssaye (1998), visto que ambas continuam limitando e excluindo outros elementos e interações que compõem o percurso formativo. Assim, faz-se necessário pensar e elaborar modelos educacionais que atendam toda a pluralidade da ação pedagógica, considerando espaços, contextos, sujeitos, ferramentas etc. (Barbosa, 2020). Na Figura 1, exibe-se o Triângulo Pedagógico e o Tetraedro Pedagógico.

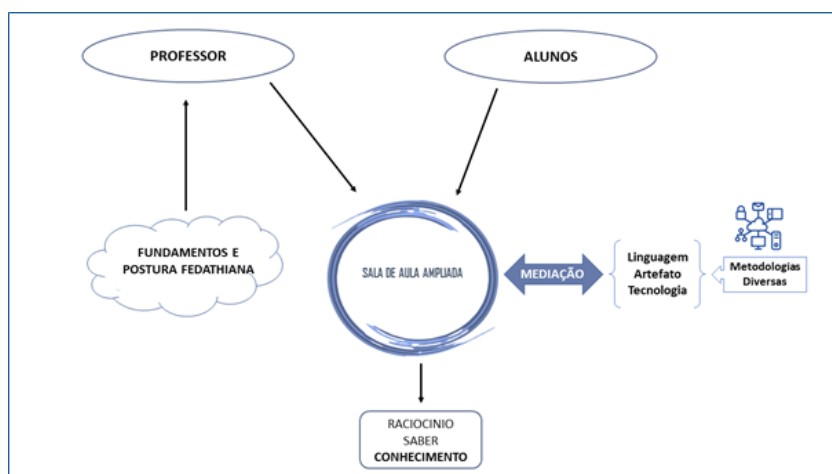
Figura 1 – Representação estrutural do Triângulo e do Tetraedro Pedagógico



Fonte: Adaptado de Barbosa (2020).

Com essas reflexões, buscou-se, a partir dos fundamentos da Sequência Fedathi, representar a dinâmica e os processos de ensino e aprendizagem no que se denomina Polígono Fedathi (Figura 2). O Polígono Fedathi é a sistematização da imersão pedagógica fedathiana, composta pelos seguintes elementos: os sujeitos envolvidos, como o “professor”, que adota uma postura fedathiana, e o “aluno”. Sua mediação se ancora no uso de “Artefato, Tecnologia e Linguagem”. Como resultado dessa interação, surgem “Raciocínio, Saber e Conhecimento”. Toda essa dinâmica ocorre no que se chama de Sala de Aula Ampliada. A estrutura e a dinâmica do Polígono Fedathi estão ilustradas na Figura 2.

Figura 2 – Polígono Fedathi



Fonte: Borges Neto *et al.* (2022).

Esse modelo contempla, de forma significativa, o maior número de vértices necessários para a efetivação de ações educativas em diversos contextos, a partir da Sequência Fedathi. Na seção que segue, esclarecem-se os elementos fundamentais que compõem o Polígono Fedathi.

Elementos do Polígono Fedathi

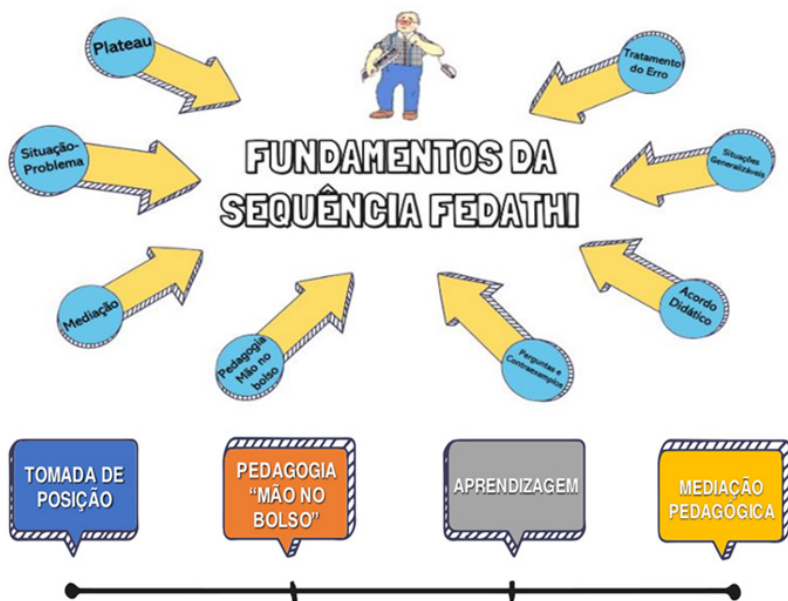
As construções relacionais envolvidas no Polígono Fedathi acontecem a partir dos elementos apresentados anteriormente. A intenção nesta seção é discorrer sobre como cada elemento contribui para a dinâmica da Sala de Aula Ampliada, imersa no Polígono Fedathi.

Professor + Sequência Fedathi

O professor é indispensável em todos os contextos envolvendo dinâmicas de ensino e aprendizagem. Então, vale destacar

que o diferencial, neste enredo, é o professor, ao adotar a postura fedathiana. Ou seja, ele considera, em sua mediação, os fundamentos e os princípios ancorados na metodologia de ensino Sequência Fedathi. A Figura 3 ilustra as etapas que compõem a Sequência Fedathi, a saber: Tomada de Posição, Maturação, Solução e Prova. A partir delas, entrelaçam-se os fundamentos: *Plateau*; Mediação; Pedagogia Mão no Bolso; Perguntas e Contraexemplos; Acordo Didático; Situações Generalizáveis; Tratamento do Erro.

Figura 3 – Fundamentos e etapas da Sequência Fedathi



Fonte: Oliveira (2021).

As etapas e os princípios/fundamentos da Sequência Fedathi foram desenvolvidos por pesquisadores da temática desde o seu surgimento. Em um primeiro momento, a atenção foi mais voltada à conceituação das etapas, apresentadas no Quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Fases da Sequência Fedathi

FASES	DESCRIÇÃO
Tomada de Posição	O professor exhibe o problema para o aluno, partindo de uma situação generalizável, ou seja, de uma circunstância possível de ser abstraída de seu contexto particular, para um modelo matemático genérico.
Maturação	O professor inicia as discussões com o aluno sobre a atividade proposta na tomada de posição, adotando a pedagogia mão no bolso para observar como os alunos desenvolvem suas ações. Respeitando o tempo de maturação do aluno, tendo paciência para esperar que chegue à solução. Instigando a participação ativa dos estudantes, buscando manter a motivação provocada na tomada de posição, usando perguntas e contraexemplos para lidar com dúvidas e dificuldades dos discentes. Propondo a colaboração da equipe, analisando os possíveis erros dos alunos.
Solução	Fase da Sequência Fedathi em que ocorrem a representação e organização de esquemas e/ou modelos encontrados que visem à solução do problema apresentado na Tomada de Posição por meio da troca de ideias, atuação do professor como mediador, uso de contraexemplos e a exposição de várias soluções para o mesmo problema.
Prova	É momento da ação docente de sintetizar ou modelar a situação apresentada na tomada de posição, formalizando e sintetizando o conteúdo com o intuito de generalizar para que a solução encontrada seja aplicada em outras situações e contextualizações.

Fonte: Borges Neto (2019, p. 25).

A referida metodologia, no entanto, já contabiliza quase quatro décadas desde os primeiros estudos e, como já mencionado, segue em constante evolução. Por isso, apresentam-se, também, os fundamentos essenciais que conduzem as ações do professor fedathiano em suas sessões didáticas. O Quadro 3 apresenta resumos conceituais sobre a temática (para maior aprofundamento, indica-se a leitura da obra “Sequência Fedathi: interfaces com o pensamento pedagógico”, volume 4 da Coleção Sequência Fedathi).

Quadro 3 – Princípios da Sequência Fedathi

PRINCÍPIOS	DESCRIÇÃO
<i>Plateau</i>	Está relacionado aos caminhos e possibilidades do professor na constituição dos saberes discentes. Parte dos conjuntos de conhecimentos compreendidos pelos alunos e dominados pelos professores, utilizando estratégias, como elaboração de diagnósticos por questionários ou conjunto de questões pelo professor, uma revisão dos principais pontos a serem discutidos no conteúdo ou, até mesmo, uma conversa informal entre os pares.
Mediação	É uma ação docente que busca favorecer a imersão do aluno à prática do pesquisador, que desenvolve o conteúdo que se pretende ensinar. É um processo deliberado, intencional, que estimula a busca do significado.
Pedagogia Mão no Bolso	Pressupõe ao professor atenção, segurança e ousadia para – se necessário – intervir. Tem como objetivo estimular os alunos à pesquisa, à reflexão, ao senso de investigação, à colaboração e à sistematização do conhecimento, ou seja, a Sequência Fedathi intenciona ressignificar os papéis em sala de aula, que, por muitos anos, estiveram assentados nos atos de falar e ditar por parte do mestre, na perspectiva tradicional de ensino.
Perguntas	Refere-se a uma situação em que o professor interpela, interroga, instiga o aluno a pensar como desafio para sua aprendizagem ou situações outras de estudo. Nesse sentido, a pergunta é uma proposição instigadora, finalizada com o ponto de interrogação.
Contraexemplos	É usado com o intuito de mediar a aprendizagem discente, a fim de desequilibrar o estudante, fomentando neste a reflexão sobre sua ação. O professor deve promover circunstâncias que motivem os alunos a refletirem sobre suas ações, mediante perguntas e contraexemplos, proporcionando conclusões baseadas na análise dos resultados.
Acordo Didático	O acordo precisa ser didático por ser a definição de atitudes – junto a estratégias e técnicas – que serão utilizadas na sala de aula que, por terem na Sequência Fedathi o caráter multilateral, devem resultar da parceria entre os envolvidos, no caso, professor e aluno.
Situações Generalizáveis	Situações Generalizáveis começam com o geral, partindo do que é mais simples e trabalhando apenas com o essencial. Com uma Situação Generalizável é possível iniciar discussões a partir das percepções (intuitivas) dos indivíduos para, após isso, introduzir conceitos e nomear/designar termos. Ao finalizar uma sessão didática, a solução encontrada para a situação-problema proposta poderá ser aplicada em outras situações e em contextos diferentes daquele inicial.
Concepção do Erro	O erro ajuda o professor na investigação do processo de ensino aprendizagem, quando permite verificar os tópicos com maior índice de dificuldade dos alunos no conteúdo proposto, podendo realizar intervenções relativas ao quadro resultante, aperfeiçoando a exploração e mediação do conteúdo, e consequentemente, beneficiando os estudantes (Melo, 2018, p. 61- 64)

Fonte: adaptado de Borges Neto (2019, p. 26).

Desse modo, a postura fedathiana, no contexto do Polígono Fedathi, impacta significativamente na dinâmica da sala de aula. É importante, ainda, ressaltar que esse elemento encoraja, por meio de suas atitudes e comportamentos, o engajamento dos alunos, de maneira a torná-los os protagonistas na construção de novos conhecimentos. Na seção seguinte, aborda-se o elemento “Aluno”.

Aluno

A influência do professor fedathiano, por meio de sua postura, infere ao aluno motivação e envolvimento para ser protagonista em seu próprio percurso formativo. A demonstração de respeito e empatia entre os pares, por meio do diálogo e da interação que ocorre diante de desafios educacionais, cria um clima de confiança e colaboração na Sala de Aula Ampliada.

A participação ativa dos discentes, nesse contexto, promove condições mais favoráveis para o sucesso da sessão didática aplicada, a partir da imersão pedagógica fedathiana, resultando na aprendizagem significativa desses alunos.

O Polígono Fedathi propõe ao discente algumas mudanças comportamentais, que ocorrem por meio da mediação docente. São elas: *i)* conhecimentos prévios (*Plateau*), que promovem formas diferenciadas para a aprendizagem; *ii)* postura ativa e “Mão na Massa” em toda a dinâmica da sala de aula; *iii)* construção do conhecimento no processo e, consequentemente, do produto; *iv)* caráter investigativo, em que o aluno pode ser criativo, experimentar, levantar hipóteses, criar modelo e fazer “gambiarra.” Tudo isso faz parte do que se chama de método científico aplicado, isto é, transposto aos ambientes de ensino.

A participação ativa do aluno na dinâmica de Sala de Aula Ampliada no Polígono Fedathi é basilar no processo final, a aprendizagem. Por meio do engajamento nas atividades, o aluno constrói, a partir das suas colaborações criativas, não apenas novos conceitos e saberes, como exercita o raciocínio individual para efetivação do conhe-

cimento, além de contribuir para que o ambiente de aprendizado seja dinâmico e colaborativo.

A experimentação do Polígono Fedathi para o aluno estimula o desenvolvimento de habilidades e senso crítico, incentivando a independência intelectual e fortalecendo a capacidade de estudar com os pares. Assim, conclui-se serem essenciais as relações envolventes no Polígono como um todo, incluindo a participação discente, pois, assim como os demais elementos, a participação do aluno é primordial para o seu próprio desenvolvimento integral na dinâmica supracitada.

Mediação (Artefato, Tecnologia e Linguagem)

A mediação pedagógica é essencial em qualquer prática educativa que priorize e incentive o protagonismo e a autonomia discente, sendo tais fatores resultantes de uma postura docente conciliadora e não centralizadora.

Dito isto, a mediação pedagógica do professor é realizada por meio de diversos suportes e recursos, escolhidos com base na observação atenta do perfil dos estudantes e das características específicas da sessão didática. Esses suportes incluem, mas não se limitam a estratégias de ensino diferenciadas, tecnologias educacionais, materiais didáticos variados e atividades colaborativas.

A escolha de tais recursos considera as necessidades individuais e coletivas dos estudantes, bem como o contexto/ambiente em que a sessão didática ocorre. Por exemplo, se um grupo de estudantes possui preferência por atividades que englobem recursos audiovisuais, o professor deve utilizar recursos multimídias.

Na metodologia de ensino Sequência Fedathi, a mediação é central na postura do docente fedathiano, que deve incorporar em sua prática fundamentos como: Pedagogia Mão no Bolso, Perguntas, Situações Generalizáveis e os Contraexemplos. Tais conceitos auxiliam no trabalho do professor e facilitam a construção do conhecimento pelo aluno, de modo mais consciente e independente, sempre com foco na função de mediação do docente.

Já na dinâmica do Polígono Fedathi, o elemento Mediação é o vértice responsável por interligar as relações e os processos formativos que ocorrem na Sala de Aula Ampliada, fazendo isso por meio dos elementos Artefato, Tecnologia e Linguagem. Oliveira (2022, p. 112) afirma que “a mediação é o ponto alto do Polígono de Fedathi, se configurando em matriz geradora de toda a construção da relação entre docentes e discentes para o exercício do raciocínio, apropriação do saber, construção do conhecimento e aprendizagem”.

O ponto de vista de Oliveira (2022) destaca a centralidade da Mediação no modelo do Polígono Fedathi, sugerindo que ela é fundamental para estabelecer e nutrir a relação entre docentes e discentes. A autora afirma que a mediação não é apenas um componente, mas o elemento essencial que organiza e orienta todo o processo educativo, influenciando o raciocínio, a apropriação do conhecimento e a construção do saber. A colocação e a função da Mediação no Polígono Fedathi podem ser inferidas a partir da Figura 4.

Figura 4 – A mediação no Polígono Fedathi



Fonte: adaptado de Borges Neto *et al.* (2022).

Essas metodologias diversas incluem Interfaces Digitais Interativas (IDI); Gameificação; *Kahoot*; Robótica; Sala de Aula Invertida; Metodologia Ativa; *Problem Based Learning* (PBL) ou Aprendizagem Baseada em Problemas; *Challenge Based Learning*

(CBL) ou Aprendizagem Baseada em Desafios; *Team Based Learning* (TBL) ou Aprendizagem Baseada em Equipes; Instrução Programada; Pedagogia de Projetos (PP); Aula de exercícios; Educação a Distância (EaD); Híbrido; Ubiquidades; Ambientes Virtuais de Ensino (AVE); Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA); Aprendizagem cooperativa; Teoria das Situações Didáticas (TSD); Engenharia Didática etc.

Raciocínio, saber e conhecimento

A atuação docente repercute na aprendizagem do aluno, na sua apropriação do conhecimento, no desenvolvimento do seu raciocínio e na ampliação do seu saber. Para tanto, faz-se necessário apontar os conceitos de Aparato, Raciocínio, Saber e Conhecimento. O Aparato é fundamentado em Rabardel (1995) e se caracteriza como um meio para alcançar um fim, que está, continuamente, em potência de transformação pela atividade humana, por meio de uma ação cognitiva. Dessa maneira, o Aparato não se restringe a um único conceito, pois apresenta inúmeras possibilidades de transformação, podendo se transformar em um Instrumento ou Ferramenta e, também, em Transposição Didática (Santos; Pinheiro; Borges Neto, 2019). Nesse aspecto, Borges Neto e Borges (2007, p. 2) enfatizam:

[...] um instrumento é considerado como uma entidade relacionada com o sujeito e o artefato. Ou seja, ele compreende: um artefato material ou simbólico produzido pelo sujeito ou por outrem; um ou vários esquemas de utilização associados resultantes de uma construção própria ou da apropriação de esquemas sociais já existentes. Desta forma, todo aparato tecnológico para funcionar e se transformar em instrumento tecnológico precisa de uma ação cognitiva sobre ele que o transforma em instrumento.

Esse Aparato, seja tecnológico ou analógico, necessita de uma finalidade para que seja transformado em uma Ferramenta ou

Instrumento, a partir do intermédio do sujeito. Assim, ele possui uma dimensão mais ampla do que aquela designada pelo indivíduo, pois, ao ser transformado em um Instrumento ou Ferramenta, obtém características específicas de tal ação, alterando a cultura e o próprio indivíduo (Santos; Pinheiro; Borges Neto, 2019).

Para que o Aparato seja funcional e se transforme em um Instrumento, é preciso ocorrer uma ação cognitiva sobre ele. Essa ação cognitiva é o Raciocínio e se refere à habilidade de adaptar, transformar, representar e modelar determinada situação-problema, de modo que o Aparato ajude na sua resolução (Borges Neto; Borges, 2007).

Na perspectiva educacional, a mediação deve promover o desenvolvimento do raciocínio. Assim, para mediar a construção do conhecimento, o docente encontra o Aparato mais pertinente para transformá-lo em Instrumento ou Ferramenta adequados. Com isso, corrobora Borges Neto e Borges (2007, p. 3): “em processos de ensino sobre utilização de artefatos ou produtos tecnológicos, quanto melhor uma mediação pedagógica sobre o raciocínio, melhor resultado se obtém sobre a transformação do artefato em instrumento”.

No que se refere ao Conhecimento, esse surge da necessidade cotidiana e do pensamento, caracterizando-se como um meio de apropriação humana da realidade e de sua existência. O conhecimento científico, por exemplo, apropria-se de teorias já elaboradas para a construção de novas perspectivas, novos conhecimentos e novas descobertas. Dessa maneira, o conhecimento pressupõe experiências, experimentos, desenvolvimento do pensamento e da reflexão etc. (Oliveira, 2022).

Na sociedade da informação e do conhecimento, não é suficiente apenas se apropriar do saber, faz-se necessário utilizá-lo em outras situações, adaptando-o a cada nova experiência. O avanço do saber acontece por meio do desenvolvimento de habilidades de transposição de um saber já adquirido em determinada situação para outra diferente, o que é denominado “Gambiarra”. Desse modo, um indivíduo possui conhecimento quando domina com *expertise* o saber, realizando as transposições necessárias (Borges Neto; Borges, 2007).

Nesse sentido, considerando a perspectiva docente no cenário educacional, agrega-se a transposição didática ao Saber (Aparato e Raciocínio), criando-se o Conhecimento, de modo que o Aparato, o Raciocínio e a Gambiarra são instrumentos do trabalho docente e fundamentais para o desenvolvimento do conhecimento. Tais conceitos foram e são importantes para situar o Polígono de Fedathi enquanto processo formativo e trabalho do professor fedathiano.

Sala de aula ampliada

Falar em práticas educativas frequentemente remete à sala de aula, onde ocorrem os processos de ensino e aprendizagem. Essas práticas, no entanto, estendem-se para além das paredes do recinto escolar, abrangendo contextos variados e abordagens que visam ao desenvolvimento dos estudantes, como Ambientes Virtuais de Ensino (AVE) e metodologias que combinam diferentes recursos e estratégias para atender às suas necessidades e interesses da maneira mais ampla e flexível.

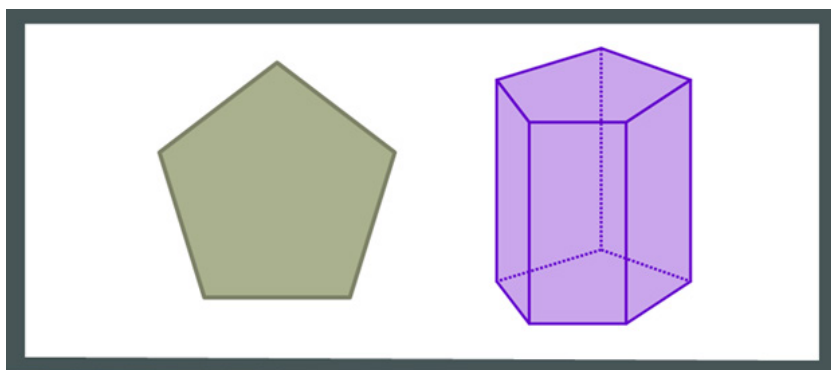
No contexto do Polígono Fedathi, é na Sala de Aula Ampliada que as relações formativas baseadas na Sequência Fedathi acontecem. Essa denominação reflete a flexibilização do tempo e/ou do espaço nas práticas educacionais contemporâneas. De acordo com Oliveira (2022, p. 108), a Sala de Aula Ampliada “representa a ampliação das possibilidades relativas aos espaços e tempos da ação docente que assumem a incumbência dos processos educativos e do desenvolvimento de pessoas, indo além da sala de aula convencional vinculada a espaços e tempos escolares”.

Assim, a Sala de Aula Ampliada oferece uma abordagem mais dinâmica e adaptativa ao ensino, permitindo que o aprendizado ocorra em diversos espaços e momentos, não se restringindo apenas ao ambiente físico da sala de aula convencional. Ou seja, a prática educativa pode acontecer de forma presencial e/ou virtual, no campo ou na cidade, em ambientes prisionais e hospitalares, entre tantos outros, proporcionando acesso mais amplo e equitativo aos recursos educacionais e oportunidades de aprendizado para todos os sujeitos.

Por que polígono?

O Polígono Fedathi, assim como os outros modelos de representação mencionados ao longo deste escrito, busca representar a dinâmica da sala de aula, considerando o modelo de imersão pedagógica a partir da Sequência Fedathi. Essa representação se chama polígono e não prisma, porque polígono é um elemento plano da Matemática, enquanto o prisma é tridimensional (ver a Figura 5 a seguir).

Figura 5 – Polígono ou prisma



Fonte: Elaborada pelos autores.

Ou seja, quando se visualiza o polígono, todos os vértices e arestas podem ser vistos, além de que tudo está dentro do mesmo plano e pode ser visualizado. Já o prisma é diferente, pois ele é constituído por faces, que, por sua vez, estão em planos diferentes. Disso poderia emergir a incompreensão de que, por estarem em faces diferentes, os elementos que ficariam na face de baixo teriam menos importância do que os elementos que estariam na face de cima. Nesse sentido, o Polígono Fedathi busca facilitar, e não confundir, a compreensão dos elementos que compõem a sala de aula e a relação entre eles, a partir da Sequência Fedathi.

Considerações finais

O Polígono Fedathi é uma incorporação, uma imersão pedagógica do professor nos preceitos da Sequência Fedathi, instigando o professor a buscar as estratégias mais adequadas para o trabalho docente em sala de aula. Essa mediação tem como objetivo final desenvolver Raciocínio, Saber e Conhecimento no aluno.

No âmbito do Laboratório de Pesquisa Multimeios, dentre os elementos do Polígono Fedathi, ressalta-se a inclusão das tecnologias mais atuais, usadas tanto no ensino presencial quanto na Educação a Distância (EaD), a saber: webconferências, *podcasts*, *padlet*, avatar, Inteligência Artificial (IA), H5P, *Moodle* etc. Essas tecnologias integram o modelo de EaD denominado Raízes – desenvolvido por esse Laboratório e utilizado para o ensino, a pesquisa e a extensão –, que, por sua vez, configura o *Comodale* Multimeios. O *Comodale* Multimeios é um modo de ensino que une o presencial e o virtual simultaneamente para o momento de aula síncrono, mas que, também, apoia-se em um AVE para a continuidade de estudos e discussões no modo assíncrono. Todas essas atividades, presenciais e virtuais, síncronas e assíncronas, possuem uma intencionalidade de ensino bem definida, sustentada pela metodologia de ensino Sequência Fedathi.

Sabe-se que, utilizando ou não a metodologia de ensino Sequência Fedathi, a dinâmica de aula acontece. Porém, com a Sequência Fedathi, existe a possibilidade de a aprendizagem ser significativa, já que está alicerçada numa ação, numa mediação docente que pretende tornar o aluno um sujeito ativo e protagonista no desenvolvimento do seu raciocínio e na construção dos seus conhecimentos.

REFERÊNCIAS

- BARBOSA, J. de C. *Raízes: concepções teóricas, pedagógicas e tecno-práticas de um Objeto Educacional Digital (OED) baseado na Sequência Fedathi*. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível: http://blogs.multimeios.ufc.br/sitemmproducaocientifica/?smd_process_download=1&download_id=1296. Acesso em: 10 ago. 2024.
- BERGMANN, J.; SAMS, A. *Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem*. Rio de Janeiro: LTC, 2016.
- BORGES NETO, H.; BORGES, S. M. C. As tecnologias digitais no desenvolvimento do raciocínio lógico. *Linhas críticas*, [S. l.], v. 13, n. 24, p. 77-88, 2007. Disponível em: <https://periodicos.unb.br/index.php/linhascriticas/article/view/3344>. Acesso em: 25 ago. 2024.
- BORGES NETO, H. *et al. Polígono Fedathi: professor, alunos, sala de aula ampliada, mediação, raciocínio, saber e conhecimento*. Fortaleza: Imagem, 2022.
- BORGES NETO, H.; SANTANA, J. R. Fundamentos epistemológicos da Teoria de Fedathi no ensino de matemática. Disponível em: <https://blogs.multimeios.ufc.br/wp-content/blogs.dir/33/files/2020/10/fedathi-fundamentos-epistemologico-da-teoria.pdf>. Acesso em: 27 ago. 2024.
- BORGES NETO, H. *Sequência Fedathi: interfaces com o pensamento pedagógico*. Curitiba: CRV, 2019.
- MENDONÇA, A. C.; OLIVEIRA, S. S. *Multimeios UFC*. 2ª MM 2021.2. Polígono Fedathi – Metodologia Fedathi. YouTube, 17 dez. 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=YpJpgktBrT0&t=715s>. Acesso em: 29 ago. 2024.

MOTTA, A. B. da. A atualidade do conceito de gerações na pesquisa sobre o envelhecimento. *Sociedade e Estado*, Brasília, DF, v. 25, n. 2, p. 225-250, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0102-69922010000200005>. Acesso em: 25 jul. 2022.

OLIVEIRA, S. S. de. *Mediação pedagógica e Sequência Fedathi*: contributos para o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático de crianças e adolescentes com mielomeningocele no contexto hospitalar de reabilitação em Fortaleza/Ceará/Brasil. Orientador: Hermínio Borges Neto. 2022. 359 f. Tese (Doutorado em Educação) - Programa de Pós-Graduação em Educação Brasileira, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SANTOS, J. N. dos; BORGES NETO, H.; PINHEIRO, A. C. M. A origem e os fundamentos da Sequência Fedathi: uma análise histórico-conceitual. *Boletim Cearense de Educação e História da Matemática*, [S. l.], v. 6, n. 17, p. 06-19, 2019. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/1074>. Acesso em: 25 ago. 2024.

SAVIANI, D. *História das ideias pedagógicas no Brasil*. Campinas: Autores Associados, 2007.

TELEMEIOS

FERRAMENTAS INTERATIVAS PARA O ENSINO A DISTÂNCIA ANCORADAS NA SEQUÊNCIA FEDATHI

André Santos Silva

Introdução

As Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) ganham cada vez mais espaço na Educação. O computador conectado à internet possibilita que professor e alunos se comuniquem e interajam em situações de ensino e aprendizagem diversas.

Plataformas educativas, redes sociais, Ambientes Virtuais de Aprendizagem (AVA) e aplicativos de webconferência tornaram-se tecnologias comuns e tiveram seu uso intensificado durante e após a pandemia da covid-19, nos momentos em que professores e alunos tiveram de estar distantes fisicamente.

Apesar de inúmeras as possibilidades de uso das TDIC na Educação, docentes e instituições de ensino as utilizam, sem extrair o potencial máximo dessas tecnologias para as situações educativas com as quais se comprometem. O professor usa o AVA prioritariamente para depósito de material didático e a webconferência para dar aulas do tipo tradicional, de exposição de conteúdo, quando o

professor detentor do conhecimento transmite o conteúdo para o aluno passivo, seguindo os mesmos moldes de uma sala de aula física tradicional.

Considerando o fato de o TeleMeios constituir um ambiente semelhante a sistemas de webconferência, para auxiliar o professor em atividades educativas a distância, foram feitos estes questionamentos: – *Por que manter o TeleMeios, se existem vários outros softwares semelhantes no mercado?* – *E, havendo motivo, o que é possível fazer para aprimorá-lo?*

Assim, este capítulo sintetiza a dissertação de mestrado de mesmo título e explana os principais resultados. O objetivo geral foi analisar o *software* TeleMeios, considerando as potencialidades técnico-pedagógicas desse ambiente para a Educação. Para efetivar-se a análise, restaram considerados, ainda, o histórico, o estado da última versão, o desenvolvimento e as perspectivas do TeleMeios.

Referencial teórico

Entre as tecnologias utilizadas atualmente para dar apoio a docentes e instituições de ensino nas diversas atividades educativas realizadas a distância, sejam elas em Educação a Distância (EaD), Ensino Híbrido ou Ensino Remoto, estão os AVA e os aplicativos de webconferência.

AVA é a terminologia mais recorrente para se referir a sistemas computacionais que possibilitam a gestão de cursos *online*, a viabilização de processos de ensino e aprendizagem e a disponibilização de conteúdos para formações (Mill, 2018). Compostos por interfaces de conteúdo e interfaces de comunicação, pelas quais se trocam diversas mídias (texto, som, imagem) de maneira assíncrona ou síncrona, esses ambientes admitem a autoaprendizagem, geralmente observada em práticas de EaD tradicionais, a interatividade e a aprendizagem colaborativa (Santos, 2009).

A webconferência é um sistema de comunicação computacional baseado na *web* para a realização de conferências virtuais que, geralmente, ensejam interações em tempo real por texto, áudio e vídeo. Os aplicativos de webconferência são integráveis à AVA e não necessitam de configurações de *hardware* e *software* especiais, tampouco de mão de obra especializada para sua execução (Mill, 2018). Por meio da webconferência, o professor expõe, em tempo real, o conteúdo desejado para os alunos, transpondo o modo de ensinar e aprender que acontece no presencial para o virtual.

A realidade de utilização dos AVA e dos aplicativos de webconferência foi intensificada de 2019 a 2022. Isso ocorreu porque, em decorrência da pandemia da covid-19, docentes e discentes tiveram de se manter distantes fisicamente e substituir os momentos educativos presenciais pelos virtuais.

O Laboratório de Pesquisa Multimeios,² que é vinculado à Faculdade de Educação (Faced) da Universidade Federal do Ceará (UFC), pioneiro em debates acerca da EaD (Borges Neto *et al.*, 2021), e que, desde 1997, produz pesquisas sobre o uso das TDIC na Educação, Informática Educativa, EaD e Formação de Professores (Torres, 2018), desenvolve o conceito de Ambiente Virtual de Ensino (AVE), um ambiente virtual chamado TeleMeios, uma perspectiva própria de utilização de webconferência e uma prática própria de EaD.

Na concepção desse laboratório, AVE é todo ambiente virtual que possui abordagem pedagógica, proposta didática, intenção formativa e mediação interativa, com vistas a uma aprendizagem contextualizada e significativa. Mais abrangente do que o AVA, o AVE é um ambiente dirigido para prática educativa a distância, com proposta pedagógica adequada, no âmbito do qual há intenção formativa e a aprendizagem é consequência de constante mediação interativa (Soares, 2017). O AVE é composto, ainda, por desenho didático bem elaborado, cuja escolha dos recursos é feita de maneira bem planejada e organizada, considerando critérios

² Endereço eletrônico: <http://www.multimeios.ufc.br>.

como interação e mediação (Carmo, 2022). Ou seja, no AVE é fundamental que a presença do professor, aquele com intenção de ensinar, perpassasse o planejamento, o desenho didático e a organização do ambiente, o acompanhamento dos alunos nas atividades assíncronas e síncronas e a avaliação.

O Laboratório de Pesquisa Multimeios desenvolve, ainda, uma metodologia de ensino para ser vivenciada em AVE na EaD, denominada Sequência Fedathi. Essa metodologia de ensino, grosso modo, baseia-se no método científico transposto ao método de ensino (Borges Neto, 2020) e tem como objetivos desenvolver o caráter investigativo do aluno e transformar a sala de aula em ambiente de pesquisa (Borges Neto, 2017). Os princípios que a compõem – “Pedagogia mão no bolso”, “Situação adidática”, “Pergunta”, “Mediação”, “Contraexemplo”, “Acordo didático”, “Erro”, “*Plateau*” e “Sessão didática” – guiam o professor por suas etapas, configuradas em “Tomada de Posição”, “Maturação”, “Solução” e “Prova”.

O professor, que compreende o nível de conhecimento dos seus alunos (*Plateau*) e sabe que, com suporte na mediação docente, são habilitados a elaborar novo conhecimento, planeja e vivencia sua aula (Sessão didática).

Ao vivenciar a Sessão didática, o docente expõe uma situação-problema desafiadora (Tomada de Posição) e acorda com os alunos (Acordo didático) de que modo eles vão solucionar o problema.

Os alunos, então, se debruçam (Maturação) sobre a situação-problema, refletem, criam estratégias para solucioná-la, enquanto o professor adota a “Pedagogia mão no bolso” e observa o desempenho discente. Caso surjam dúvidas ou questionamentos acerca do que foi estabelecido até então, o docente medeia a situação, utilizando-se de “Perguntas” e “Contraexemplos” significativos, fazendo com que os alunos voltem a refletir, individual ou coletivamente, e avancem em seu raciocínio.

Quando os estudantes mostram soluções da situação-problema (Solução), o professor verifica se estão corretas. Em caso de erros,

o mestre deve valorizar o que foi exposto e mediar a situação com o uso de “Perguntas” e “Contraexemplos”, sem dar as respostas, guiando os alunos para o repensamento (Maturação) da solução do problema. O estudante, por sua vez, reelabora a sua solução com base na mediação e nas interações em sala de aula e a sugere novamente. O ciclo entre Maturação e Solução permanece, até que o aluno revele uma solução válida à situação-problema proposta.

O professor, então, junto aos alunos, reúne as soluções manifestas e formaliza o conteúdo (Prova), intentando um modelo otimizado que solucione aquela e outras situações-problema de mesma natureza.

A Sequência Fedathi é passível, ainda, de ser vivenciada em uma sala de aula ampliada, na qual o professor intermedeia o desenvolvimento do raciocínio, saberes e conhecimentos, fazendo uso, quando necessário, de artefatos, linguagens e tecnologias diversas (BARBOSA, 2020).

Considerando a Sequência Fedathi uma metodologia de ensino que proporciona a formulação do conhecimento de modo interativo, cooperativo e colaborativo, ela está à disposição para vivência em sala de aula presencial, em encontros síncronos virtuais e para auxiliar a organização e o desenho instrucional de um AVE.

O Laboratório de Pesquisa Multimeios também criou e mantém o TeleMeios, um ambiente virtual que incorpora som, imagem, texto, correio e uma interface compartilhada professor e alunos, que possibilita interação, cooperação, colaboração e mediação a distância (Ferreira *et al.*, 2012). Esse ambiente é formado por um conjunto de ferramentas interativas, arquitetado com a utilização de rotinas de *softwares* livres (Jucá, 2011) e composto pelos recursos de *chat*, chamada de áudio, chamada de vídeo, quadro branco, compartilhamento de arquivos e compartilhamento de aplicativos (Silva, 2019), ou seja, todos os recursos empregados atualmente na EaD; e vai além, ao possibilitar o compartilhamento total de aplicativos e a interação síncrona, em tempo real, entre todos os usuários (Jucá, 2011).

Assim, observada a relevância das TDIC na Educação (especialmente AVE e webconferência) e da metodologia de ensino Sequência Fedathi, bem como a semelhança do TeleMeios com aplicativos de webconferência, coube, então, investigar o Telemeios como um AVE que prioriza os aspectos educativos suscitados.

Procedimentos metodológicos

A pesquisa aqui descrita, desenvolvida no âmbito do Laboratório de Pesquisa Multimeios, foi caracterizada como qualitativa e descritiva, com aproximação da exploratória, considerando que ela teve como objetivo analisar minuciosamente um objeto, o TeleMeios, o contexto no qual se encontra e os fatos como eles são, baseando-se nos dados bibliográficos, documentais, de entrevistas semiestruturadas e de experimentos levantados (Wazlawick, 2014).

Inicialmente, com a intenção de aprofundar os conhecimentos no assunto e de fundamentar a pesquisa, foi realizada uma consulta bibliográfica nas áreas de Educação com uso das TDIC, Informática Educativa, EaD, Ensino Híbrido, Educação *Online* e Ensino Remoto.

Adicionalmente, uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL) sobre o TeleMeios foi efetivada, a fim de compreender a origem, o motivo de criação e o desenvolvimento do referido *software*, bem como se ele atende às especificidades e necessidades razoáveis à sua concepção. A documentação do TeleMeios (manuais de instalação, de utilização, de administração, anotações feitas em formato de comentários no código-fonte e o próprio código-fonte) e as gravações das entrevistas semiestruturadas realizadas foram frequentemente consultadas nesse mesmo intuito.

Com o escopo, ainda, de obter informações complementares, o Grupo TeleMeios, grupo multidisciplinar responsável por investigações referentes ao *software*, realizou tanto atividades de instalação dos serviços (cliente e servidor) como de implementação, testes e

produção de documentação. Nesse sentido, o grupo reuniu-se semanalmente durante o período em que a pesquisa foi realizada, de agosto de 2019 a julho de 2022. No decorrer dos encontros, os integrantes do grupo reportavam dificuldades na utilização do AVE TeleMeios a serem corrigidas, melhoradas e/ou implementadas, ficando a cargo do autor a efetivação das modificações de *software*. A cada encontro semanal, uma nova versão do *software*, contendo mudanças em relação às dificuldades outrora reportadas, era disposta para que a equipe testasse e avaliasse em um modelo de desenvolvimento incremental como o de Sommerville (2011).

Coube, também, a comparação entre o AVE TeleMeios e outras soluções de *software*, principalmente os aplicativos de webconferência, procurando-se justificar a existência, do desenvolvimento e da manutenção do *software* aqui tratado. Observa-se tal comparação como legítima, visto que os aplicativos ora citados são compostos basicamente dos mesmos recursos que o AVE TeleMeios e são utilizados para fins educativos, embora não tenham sido concebidos especificamente para tais fins.

Concluída a pesquisa, foi entregue uma nova versão do AVE TeleMeios, composta por seu código-fonte atualizado e por sua documentação. As documentações produzidas durante os encontros do Grupo TeleMeios (atas, documentação de instalação e utilização) e as versões do *software* geradas durante a pesquisa foram organizadas e dispostas no espaço TeleMeios 2.0 do *Moodle* Multimeios.³ Os trabalhos científicos oriundos da RSL do AVE TeleMeios e a documentação produzida durante a pesquisa foram organizados e disponibilizados no *Blog* do TeleMeios.⁴ Os resultados dos testes e avaliações do AVE TeleMeios feitos pelo Grupo TeleMeios também foram relatados na pesquisa.

3 Endereço eletrônico: <https://hbn.multimeios.ufc.br/moodle>.

4 Endereço eletrônico: <http://blogs.multimeios.ufc.br/telemeios>.

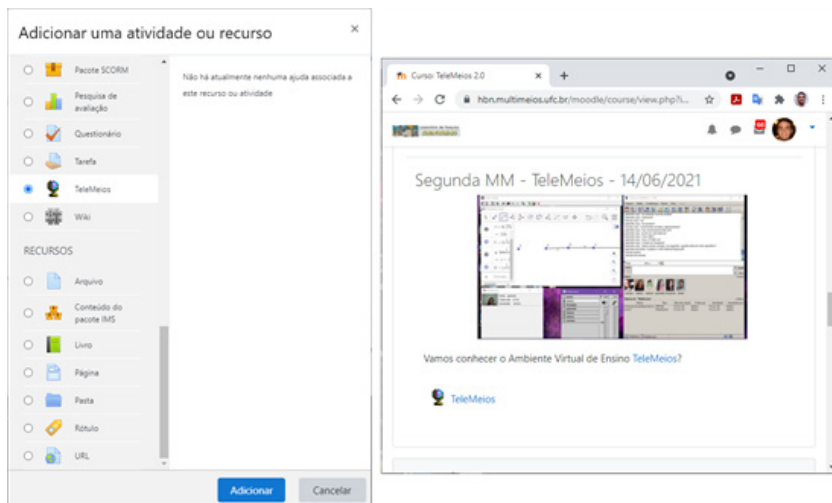
Resultados e discussões

Obteve-se uma versão atualizada do AVE TeleMeios na arquitetura híbrida de cliente-servidor e *Peer-to-Peer* (P2P), com aplicativo cliente para *desktop* de fácil instalação e execução em Sistema Operacional *Windows*. Essa versão do ambiente, desenvolvida prioritariamente na linguagem de programação Java, passou, ainda, a ter interface do usuário intuitiva, a comunicar-se por meio da internet – por meio de uma *Virtual Private Network* segura – e a integrar-se por *plugins* a ambientes virtuais como o AVA Moodle e o aplicativo de webconferência ConferênciaWeb da Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP). Cabe ressaltar que, anteriormente a essas modificações, o AVE TeleMeios possuía instalação manual com vários passos e configurações, só operava em algumas arquiteturas de computadores específicas e em redes locais.

O AVE TeleMeios ganhou também um protótipo para *web* executável em navegador. Essa versão foi desenvolvida no padrão *WebRTC* (arquitetura P2P) com uso da biblioteca *React* e da linguagem de programação *JavaScript*. Os recursos implementados nela foram os básicos para se estabelecer uma webconferência (*chat*, áudio e vídeo) e o compartilhamento de máquina virtual.

Verificou-se que, em situações de ensino e aprendizagem, o professor, que planeja e executa encontros virtuais síncronos com seus alunos, ao utilizar o Moodle, o AVE TeleMeios e o *plugin* de integração entre esses dois ambientes, está pronto a “adicionar uma atividade ou recurso” do tipo “TeleMeios” no Moodle e disponibilizar acesso às salas virtuais do AVE TeleMeios. Desde então, o professor e os alunos que já se encontravam autenticados no Moodle estão liberados a acessar as salas do AVE TeleMeios, conforme outrora acordado, e realizar atividades interativas, cooperativas e colaborativas com o uso dos recursos desse ambiente. A Figura 1 mostra a utilização do *plugin* TeleMeios no Moodle Multimeios.

Figura 1 – Demonstração de uso do plugin TeleMeios no Moodle Multimeios



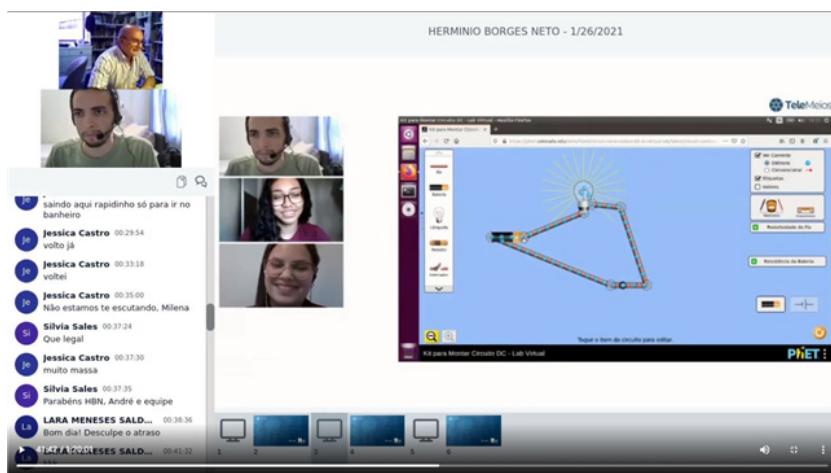
Fonte: Silva (2022).

Salienta-se, ainda, que o *plugin* de integração entre esses dois ambientes é possível de ser utilizado para integrar tanto a versão *desktop* como a versão web em navegador do AVE TeleMeios. Desse modo, incorpora-se, via AVE TeleMeios, a capacidade da realização de encontros virtuais síncronos interativos, cooperativos e colaborativos a sistemas como o *Moodle*.

Em comparação com aplicativos de webconferência, verificou-se que o AVE TeleMeios possui os recursos básicos de *chat*, chamada de áudio e chamada de vídeo sem ser imposta limitação para o número de participantes, característica oposta à maioria deles. Destaca-se também no AVE TeleMeios o compartilhamento total de aplicativos, que dá oportunidade não só do compartilhamento de um aplicativo para visualização, mas que todos os participantes da conferência interajam sobre o aplicativo compartilhado. Essa funcionalidade, sobretudo se utilizada com mediação na Sequência Fedathi, estimula a interação, a cooperação e a colaboração entre professor e estudantes imersos em situações de ensino e aprendizagem.

Comprovou-se, também, que outra situação educativa é factível de ser vivenciada com a integração entre o AVE TeleMeios e o ConferênciaWeb da RNP. O docente que intenciona mediar conhecimento aos seus alunos e pretende que a sua aula, rica em interação, cooperação e colaboração, seja assistida por um outro grupo, reúne-se, então, com seus alunos em sala virtual no AVE TeleMeios e transmite essa sessão para o ConferênciaWeb, onde o outro grupo está conectado. Nessa circunstância, o professor intermedeia a comunicação e a interação das sessões por meio dos recursos dos dois ambientes, visando à realização de atividades interativas, cooperativas e colaborativas entre todos. A Figura 2 demonstra uma integração desse tipo, entre conferência no AVE TeleMeios e conferência no ConferênciaWeb da RNP, realizada durante a pesquisa de (Silva, 2022).

Figura 1 – Demonstração de uso do plugin TeleMeios no Moodle Multimeios



Fonte: Silva (2022, p. 101).

Por meio do artifício exposto na situação acima, implanta-se a capacidade de compartilhamento total de aplicativos ou de máquina virtual que há no AVE TeleMeios e, consequentemente, a capacidade

da realização de atividades interativas, cooperativas e colaborativas a um aplicativo de webconferência que, em ocasiões anteriores, só permitia o compartilhamento de tela para visualização de conteúdo. Vale ressaltar que essa integração é passível de ser realizada não só com o ConferênciaWeb da RNP, mas também com outros aplicativos de webconferência, como *Microsoft Teams*, *Zoom*, *Google Meet* etc., que também possibilitam o compartilhamento de tela para visualização de conteúdo.

Constatou-se, por meio das pesquisas bibliográfica e documental e da RSL realizada, o TeleMeios como AVE do tipo *software* livre de baixo custo que pode ser empregado, principalmente, para a vivência de situações de ensino e aprendizagem virtuais síncronas, não somente, no formato de ensino tradicional de transmissão de conteúdo, mas, também, com mediação da metodologia de ensino Sequência Fedathi. Nas situações de vivência com a Sequência Fedathi, o professor, ao entrar em conferência no AVE TeleMeios e compartilhar aplicativos com os alunos, medeia, de modo interativo, cooperativo e colaborativo, a formulação do conhecimento discente, podendo, ainda, acompanhar, em tempo real, a realização das atividades e intervir nelas quando necessário.

O AVE TeleMeios está sendo pensado para integrar outros ambientes virtuais, como o Objeto Educacional Digital Raízes (BARBOSA, 2020), bem como atividades do curso intitulado “Introdução ao conceito de Medida segundo a Sequência Fedathi” e demais pesquisas realizadas no âmbito do Laboratório de Pesquisa Multimeios.

Considerações finais

Analisamos aqui o AVE TeleMeios, considerando as potencialidades técnico-pedagógicas desse ambiente para a Educação. Na pesquisa, foi observado que o vasto potencial de comunicação, interação, cooperação e colaboração do AVE TeleMeios (sobretudo com o uso do recurso de compartilhamento total de aplicativos alinhado

à Sequência Fedathi, o que o destaca dos demais AVA e sistemas de webconferência) proporciona a aproximação de sujeitos dispersos no espaço-tempo e propicia situações educativas diferenciadas.

Trata-se de cenário de grande impacto positivo na área de Informática na Educação, principalmente com o desenvolvimento do AVE TeleMeios e a sugestão de vivência da metodologia de ensino Sequência Fedathi em encontros virtuais síncronos educativos.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, J. C. *Raízes: concepções teóricas, pedagógicas e tecno-práticas de um Objeto Educacional Digital (OED) baseado na Sequência Fedathi*”. 2020. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020.

BORGES NETO, H. (org.). *Sequência Fedathi no ensino de Matemática*. Curitiba: CRV, 2017.

BORGES NETO, H.; PINHEIRO, A. C. M.; OLIVEIRA, S. S. *Polígono de Fedathi: professor, alunos, sala de aula, mediação, saberes, conhecimento*. Fortaleza, Imagem, 2020. 1 *slide*.

BORGES NETO, H. *et al.* (org.). *EaD no Estado do Ceará: história, memória e experiências formativas I*. Curitiba: CRV, 2021.

CARMO, F. M. A. *O ensino a distância do conceito de medida baseado na Sequência Fedathi*. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

FERREIRA, D. B. *et al.* O Ambiente Virtual de Ensino Telemeios. *In: ENCONTRO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ*, 31., Fortaleza, 2012.

JUCÁ, A. M. *Construções geométricas no ambiente virtual de ensino TeleMeios com mediação na Sequência Fedathi*. 2011. Tese (Doutorado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2011.

MILL, D. (org.). *Dicionário crítico de educação e tecnologias e de educação a distância*. Campinas: Papirus, 2018.

SANTOS, E. Educação Online para além da EAD: um fenômeno da Cibercultura. In: CONGRESSO INTERNACIONAL GALEGO-PORTUGUÊS DE PSICOPEDAGOGIA, 10., Braga, Universidade do Minho, 2009. *Anais...* Braga: Universidade do Minho, 2009.

SILVA, A. S. *Interface do usuário: um estudo de caso aplicado ao Ambiente Virtual TeleMeios*. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Sistemas de Informação) – Centro Universitário 7 de Setembro, Fortaleza, 2019.

SILVA, A. S. *TeleMeios: ferramentas interativas para o ensino a distância ancoradas na Sequência Fedathi*. 2022. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

SOARES, R. L. *A prática de Educação a distância desenvolvida pelo Laboratório de Pesquisa Multimeios: diálogos com a Sequência Fedathi*. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação) – Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

SOMMERVILLE, I. *Engenharia de software*. 9. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

TORRES, A. L. M. M. *Laboratório de Multimeios entre gigas e megabytes: (re)criando percursos formativos*. Fortaleza: Edições UFC, 2018.

WAZLAWICK, R. S. *Metodologia de pesquisa para Ciência da Computação*. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

SEQUÊNCIA FEDATHI COMO METODOLOGIA DE PESQUISA

*Carlos Henrique Delmiro de Araújo
Daniel Brandão Menezes*

Introdução

A noção da Sequência Fedathi como metodologia de pesquisa surgiu em 2018, na disciplina de Tópicos Avançados em Educação II – Sequência Fedathi: uma proposta de ensino lógico-dedutiva-constructiva, ofertada pelo Programa de Pós-Graduação em Educação (PPGE) da Universidade Federal do Ceará (UFC), de acordo com Menezes (2018). Para esse autor, o objetivo da proposta era criar uma identidade de pesquisa no Laboratório de Pesquisa Multimeios (MM/UFC).

Desde então, a Sequência Fedathi vem construindo sua trajetória no ensino (Borges Neto *et al.*, 2013; Borges Neto, 2017; 2018; 2019) e, ao mesmo tempo, extrapolando os limites das salas de aula. A princípio, um modelo com finalidade exclusivamente didática, com o tempo, vem se mostrando uma verdadeira metodologia de investigação científica. Ao lado do professor fedathiano, é possível reconhecer um pesquisador fedathiano.

Características gerais

A Sequência Fedathi, vista como metodologia de pesquisa, caracteriza-se por quatro etapas. O ponto de partida, um problema de pesquisa (oriundo do campo de pesquisa), em seguida, a modelização, a aplicação e os resultados. Note-se que, na passagem de problema para a modelização, o pesquisador deve realizar um estado da arte, e que a transição de aplicação para resultados é a prática do método (Menezes, 2018).

A metodologia Sequência Fedathi se caracteriza por se adaptar a dados quantitativos, qualitativos ou mistos. Com efeito, as investigações em sala de aula que preconizam esse método de pesquisa podem ser de natureza experimental (constituída por dois grupos, o experimental e o controle); quase experimental (apoiada em apenas um grupo, com análise antes e após intervenções didáticas); participante; pesquisa-ação bibliográfica, entre outras.

A seguir, são apresentados os traços que caracterizam essa metodologia de pesquisa, presente em investigações que vêm multiplicando-se desde seu surgimento em 2018. São exemplos de trabalhos de dissertação que abordaram essa metodologia: Oliveira (2020); Barbosa (2020); e Araújo (2022).

As diferentes etapas da metodologia de pesquisa Sequência Fedathi

Esta seção descreve a metodologia de pesquisa Sequência Fedathi, distinguindo quatro etapas: *problema*; *modelização*; *aplicação*; e *resultados* (Menezes, 2018). Essas nomenclaturas foram atualizadas para *tomada de posição*; *maturação*; *solução*; e *prova*, em Felício, Menezes e Borges Neto (2021).

Em uma investigação fundamentada na Sequência Fedathi, na etapa de concepção, ou seja, a *tomada de posição*, efetua-se a apresentação do problema de pesquisa, o tema, justificativa da pesquisa

(Menezes, 2018). Ainda nessa etapa, o pesquisador deve analisar os objetivos específicos de modo que eles sejam desenvolvidos com o intuito de consubstanciar o objetivo geral (Menezes, 2018).

O intuito dessa etapa é o pesquisador se situar no campo de pesquisa de seu interesse. Na prática, ele deve lapidar e especificar o problema a ser investigado (Menezes, 2018). Uma maneira de realizar essa tarefa é por meio de revisões e narrativas, integrativas ou sistemáticas. Se a escolha for uma sistemática, recomenda-se utilizar o protocolo da Cochrane,⁵ situando o fluxo de seleção dos trabalhos por meio de um Prisma.⁶

Com a revisão elaborada, o pesquisador encontrará lacunas de pesquisa e refinará o seu problema inicial, gerando um suporte para um controle de busca pela resolução (Menezes, 2018).

Na segunda etapa, *maturação*, o pesquisador toma a decisão de elaborar um modelo de resolução do seu problema. A partir disso, ele consegue determinar a hipótese de pesquisa e os objetivos de maneira lapidada a inicial.

A *solução*, terceira etapa desse processo de pesquisa, ocorre com o uso dos instrumentos metodológicos para a coleta de dados pelo pesquisador. São eles: testes cognitivos, entrevistas, filmagens, observação, vivência didáticas na perspectiva de intervenção, entre outros.

Nessa etapa, o pesquisador inicia sua validação dos dados, sejam eles quantitativos ou qualitativos, para daí, então, analisar se os resultados respondem à pergunta de pesquisa, atinge o objetivo geral, e descobrir quais dificuldades foram encontradas nas pesquisas e quais são as possíveis perspectivas futuras.

Essa etapa de solução é seguida por uma etapa de análises das aplicações, dita *prova*, que se apoia nas análises das vivências do momento de solução (Menezes, 2018).

Apesar de procedermos a uma apresentação linear, com intuito didático, o ciclo investigativo aqui abordado não é linear,

⁵ <https://training.cochrane.org/handbook>.

⁶ Tradução da sigla: Principais Itens para Relatar Revisões Sistemáticas e Meta-análises.

ocorrendo, na prática, integração entre as etapas. A coerência dos objetivos com o método de coleta e análise de dados é necessária, dialogando com o referencial teórico elaborado no estado da arte.

A Sequência Fedathi, como metodologia de pesquisa, permite ao investigador aprofundar-se em seu tema de pesquisa. Por essa razão, o problema de pesquisa apresentado inicialmente na tomada de posição possui liberdade para ser retrabalhado.

Exemplos de aplicações do método

No trabalho de Barbosa (2020), a autora deixa claro que se apropriou das duas primeiras etapas, *tomada de posição e maturação*, para o desenvolvimento da sua pesquisa. De imediato, a autora apresenta como lacuna de pesquisa a aplicação do Objeto Educacional Digital Raízes.

O problema de pesquisa da autora referia-se ao tipo de orientação pedagógica que a Educação a Distância exige, não sendo uma mera adaptação da formação presencial (Barbosa, 2020). Diante desse problema, ela propôs um modelo conceitual de Objeto Educacional Digital baseado nos pressupostos da Sequência Fedathi (a metodologia de ensino).

Em colaboração com Barbosa (2020), Xavier (2020) teve, como objetivo de pesquisa, desenvolver um Objeto Educacional Digital que considerasse as ações educativas dos professores que atuam em contextos virtuais. Para tanto, Xavier (2020) realizou um estado da arte em torno da Sequência Fedathi como metodologia de ensino; e, para a *maturação*, a autora se deteve em apresentar o Raízes e suas funcionalidades. Semelhante a Barbosa (2020), Xavier (2020) deixou para futuras pesquisas o momento de *solução e prova* da metodologia de pesquisa.

Em Araújo (2022), a tomada de posição da pesquisa foi a busca na literatura por vivências fedathianas por professores de matemática nos anos finais do Ensino Fundamental que atuassem na rede pública municipal em Canindé/CE. O autor encontrou os tra-

balhos de Araújo, Menezes e Borges Neto (2020) e Araújo e Borges Neto (2022) e teve as vivências em uma turma de 7º ano e em um grupo de estudo voltado para as olimpíadas matemáticas.

A *maturação* apresentada por Araújo (2022) serviu-se da transcrição das gravações de áudio das sessões didáticas. As vivências fedathianas coletadas na etapa *maturação* ligaram-se diretamente à etapa *solução*, visto que houve aplicação de uma fundamentação teórica, no caso a Sequência Fedathi, em relação ao ensino do professor.

Para as análises das sessões didáticas, Araújo (2022) utilizou o Polígono Fedathi, convergindo para a etapa *prova* da metodologia de pesquisa.

Referências

ARAÚJO, C. H. D. de; MENEZES, D. B; BORGES NETO, H. Sequência Fedathi e o Papiro de Rhind: o caso do problema 79. *Boletim Cearense de Educação e História da Matemática*, [S.L.], v. 7, n. 19, p. 41-56, 11 abr. 2020. *Boletim Cearense de Educação e História da Matemática - BOCEHM*. <http://dx.doi.org/10.30938/bocehm.v7i19.2757>. Disponível em: <https://revistas.uece.br/index.php/BOCEHM/article/view/2757>. Acesso em: 09 maio 2020.

ARAÚJO, C. H. D. de. *Sequência Fedathi aliada à vivência do professor de matemática do Ensino Fundamental nos anos finais*. 2022. 84 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Curso de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/69183>. Acesso em: 03 fev. 2023.

ARAÚJO, C. H. D.; BORGES NETO, H. Trilha didática para o ensino de matemática: uma proposta realizada em contexto de ensino remoto no município de Canindé/CE. *Revista Docência e Ciberultura*, v. 6, n. 3, p. 180-201, 13 ago. 2022. Universidade de Estado do Rio de Janeiro. <http://dx.doi.org/10.12957/redoc.2022.66745>. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/re-doc/article/view/66745>. Acesso em: 07 fev. 2023.

BARBOSA, J. de C. *Raízes: concepções teóricas, pedagógicas e tecno-práticas de um Objeto Educacional Digital (OED) baseado na Sequência Fedathi*. 2020. 93 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Curso de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/52836>. Acesso em: 20 ago. 2020.

BORGES NETO, H. (org.). *Sequência Fedathi: no ensino de matemática*. Curitiba: CRV, 2017.

BORGES NETO, H. (org.). *Sequência Fedathi: fundamentos*. Curitiba: CRV, 2018. 136 p.

BORGES NETO, H. (org.). *Sequência Fedathi: interfaces com o pensamento pedagógico*. Curitiba: CRV, 2019. 4 v.

BORGES NETO, H. *et al.* (org.). *Sequência Fedathi: uma proposta pedagógica para o ensino de ciências e matemática*. Fortaleza: Edições UFC, 2013.

FELÍCIO, M. S. N. B.; MENEZES, D. B.; BORGES NETO, H. Sequência Fedathi para mudança de prática: estudo de caso de uma experiência com o teatro científico. *Revista Teias*, Rio de Janeiro, v. 22, n. 64, p. 132-150, mar. 2021. Trimestral. Disponível em: <https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revistateias/article/view/50751>. Acesso em: 2 jun. 2021.

MENEZES, D. B. *O Ensino do Cálculo Diferencial e Integral na perspectiva da Sequência Fedathi: caracterização do*

comportamento de um bom professor. 2018. 127 f. Tese (Doutorado em Educação) - Curso de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2018. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/37124>. Acesso em: 09 maio. 2024.

XAVIER, D. de O. *Raízes: postura docente virtual a partir de uma perspectiva fedathiana*. 2020. 88 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Curso de Pós-Graduação em Educação, Faculdade de Educação, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2020. Disponível em: <http://repositorio.ufc.br/handle/riufc/52835>. Acesso em: 20 ago. 2020.

OS AUTORES

André Santos Silva

Bacharel em Sistemas de Informação pelo Centro Universitário Sete de Setembro (UNI7). Mestre e Doutorando em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Pesquisador do Laboratório de Pesquisa Multimeios. Estudante na Linha de Pesquisa TeleMeios: ambiente de cooperação para ambientes virtuais de ensino. Pesquisador nas áreas da Computação e da Educação, mais especificamente em Tecnologias Digitais e Educação a Distância. Analista Desenvolvedor na *Resource* Tecnologia e Informática Ltda.

E-mail: andre@multimeios.ufc.br

Carlos Henrique Delmiro de Araújo

Licenciado em Matemática pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFCE). Especialista em Ensino de Matemática pela Universidade Cândido Mendes (UCAM). Mestre em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutorando em Educação pela UFC. É professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Educação de Mato Grosso do Sul (IFMS). Fez parte da Célula de Avaliação Institucional da Secretaria Municipal da Educação de Canindé/CE. Pesquisador colaborador no Laboratório de Pesquisa Multimeios (UFC) e do Núcleo de Pesquisa em Educação, Tecnologia e Formação Docente (Nupet/Uece). Possui experiência acadêmica em Educação Matemática, desenvolvendo pesquisas para o ensino de Matemática com auxílio de recursos digitais, formação de professores, avaliações educacionais e didática da Matemática. Autor de livros didáticos de Matemática para a Educação Básica.

E-mail: delmiro@multimeios.ufc.br

Daniel Brandão Menezes

Licenciado em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (Uece). Bacharel em Segurança Pública pela Academia de Polícia Militar General Edgard Facó. Mestre em Matemática pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Especialista em Ciências Jurídicas e Bacharel em Direito pela Universidade Cruzeiro do Sul. Doutor em Educação pela UFC. Realizou pós-doutoramento em Educação pela UFC e em Ensino pelo Renoen/UFC. Desenvolve projetos de pesquisas com foco na inovação pedagógica e tecnológica dos professores e orienta bolsistas Pibic e Pibiti, financiados pelo CNPq e Funcap. Líder do Grupo de Pesquisa “Núcleo de Pesquisa Educação, Tecnologia e Formação Docente”. Bolsista Pesquisador de Interiorização – BPI/Funcap (2020-2022). Docente e pesquisador da Uece. Professor permanente do Programa de Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional em cooperação técnica com a Seduc – CE (2021/2023). Professor Permanente do Programa de Pós-Graduação em Ensino da Rede Nordeste de Ensino PÓLO RENOEN-UFC. Professor Permanente do Mestrado em Tecnologias Educacionais (UFC). Consultor Educacional do Banco Mundial.

E-mail: danielbrandão@multimeios.ufc.br

Daniele de Oliveira Xavier

Graduada em Pedagogia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestra em Educação pela UFC. Doutoranda em Educação pela UFC. É pesquisadora do Laboratório de Pesquisa Multimeios da UFC. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Tecnologia Educacional. *Designer* Educacional. Foi Coordenadora Pedagógica no Instituto Idear.

E-mail: daniele@multimeios.ufc.br

Edson Pereira de Moraes

Graduado em Programa Especial de Formação Pedagógica – Matemática pela Universidade Regional do Cariri (Urca). Graduado em Ciências Econômicas pela Urca. Mestre em Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física pela Urca, polo Juazeiro do Norte/CE. Professor de Matemática e Física da Secretaria de Educação e Esportes do Estado do Pernambuco.

E-mail: mredson2012@gmail.com

Elizabeth Matos Rocha

Licenciada em Ciências com Habilitação em Matemática pela Universidade Castelo Branco. Concluiu a Segunda Licenciatura em Pedagogia pelo Centro Universitário da Grande Dourados. Concluiu Letras-Português pela Uniasselvi/Dourados. Especialista em Metodologia do Ensino Fundamental e Médio pela Universidade Estadual Vale do Acaraú. Especialista em Tecnologias em Educação pela Pontifícia Universidade Católica/RJ. Mestra e Doutorada em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Realizou o pós-doutorado pela UFC. Professora Associada da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD). Professora permanente do Programa de Mestrado Ensino de Ciências e Matemática (PPGECMat/UFGD). Editora da revista TANGRAM da UFGD. Líder do Grupo de Pesquisa em Tecnologias Digitais e Educação a Distância (GTED/UFGD). Atua nas áreas de Educação a Distância e Tecnologias Digitais na Educação, ensino de Matemática, formação docente, ensino e aprendizagem e Libras.

E-mail: elizabeth.matosrocha@gmail.com

Ênio José Gondim Guimarães

Licenciado em Física pela Faculdade de Filosofia Dom Aureliano Matos (Fafidam) da Universidade Estadual do Ceará (Uece). Pós-Graduado em Planejamento Educacional pela

Universidade Salgado. Mestre em Ensino de Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo da Faculdade de Educação, Ciências e Letras do Sertão Central (Feclesc) da Uece. Poeta, cordelista e Professor de Física da Educação Básica.

E-mail: enio12jgg@yahoo.com.br

Fernanda Maria Almeida do Carmo

Licenciada em Matemática pela Universidade Estadual do Ceará (Uece). Mestra e doutoranda em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Membro do Grupo de Pesquisa Laboratório de Pesquisa Multimeios. Atua nas áreas de Ensino de Matemática, Educação a Distância, Tecnologias na Educação e Formação Docente.

E-mail: fernanda@multimeios.ufc.br

Francisco Augusto Silva Nobre

Bacharel e Mestre em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Doutor em Física pelo Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas. Realizou Pós-Doutoramento no Laboratório de Pesquisa Multimeios da UFC e, também, na Université de Poitiers, no Centro de Pesquisas em Literatura Latino-Americanas (CRLA), com tema em Ensino de Ciências e Literatura de Cordel. Professor Associado da Universidade Regional do Cariri (Urca). Tem experiência na área de Teoria Quântica de Campos e Ensino de Física. Vice coordenador e professor permanente do Polo 31-Urca do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF). Professor permanente do Doutorado da Rede Nordeste de Ensino, polo UFC.

E-mail: augusto.nobre@urca.br

Francisco Edisom Eugenio de Sousa

Licenciado em Pedagogia pela Universidade Estadual do Ceará (Uece). Especialista em Planejamento Educacional pela Universidade Salgado de Oliveira. Professor Adjunto da Uece. Mestre e Doutor em Educação pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Professor do Ensino Fundamental no município de Quixadá/CE. Pesquisador em Educação Matemática, vinculado ao Grupo de Educação Matemática do Multimeios (UFC). Coordenador do Laboratório de Educação Matemática (LaboMática), do Grupo de Estudos em Educação Matemática da Feclesc (GEEM) e do Projeto de Extensão em Educação Matemática, na Uece. Atua, principalmente, na formação inicial e continuada de professores, em Educação Matemática.

E-mail: edisom@multimeios.ufc.br

Francisco Herbert Lima Vasconcelos

Licenciado em Física pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre na área de tecnologia aplicada a Educação e metodologia de ensino com objetos de aprendizagem no ensino de Ciências da Natureza e Física em Ciência da Computação pela UFC. Doutor na área de pesquisa em Avaliação da Efetividade e do Desempenho da Aprendizagem com Análise Multidimensional e Multilinear, em Engenharia de Teleinformática, também pela UFC. Professor efetivo Adjunto III da UFC. Foi professor no município de Fortaleza e professor da Secretaria de Educação do Governo do Estadual do Ceará (Seduc). Coordenou o Pacto pelo Fortalecimento do Ensino Médio (PNEM) no Ceará, além de outros programas de Formação de Professores em Nível de Pós-Graduação em Especialização na área de Gestão Escolar e Coordenação Pedagógica e Tecnologias Educacionais. Foi consultor do Programa de Apoio Educacional do Mercosul realizado pela União Europeia, coordenando diversas missões educacionais internacionais de pesquisa e estudos em países da América Latina, tais como Uruguai, Argentina, Paraguai e Brasil. Foi coordenador adjunto do Comitê Gestor Institucional de Formação

Inicial e Continuada de Profissionais da Educação Básica (Comfor/UFC). Coordenou diversos programas da Secretaria de Educação Básica e da Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão na área de formação continuada de professores do Ministério da Educação (MEC). É consultor *ad hoc* do (MEC) e da Diretoria de Educação Básica (DEB). Secretário da Educação do Município de Sobral/CE. Professor permanente e orientador do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática e Mestrado em Ciência da Informática, ambos pela UFC, além de docente do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática do IFCE – *Campus* Fortaleza, desenvolvendo trabalhos de pesquisa nas áreas de metodologia de ensino, avaliação educacional, tecnologia na Educação, informática aplicada ao ensino de ciências e matemática e na formação de professores.

E-mail: herbert@ufc.br

Hermínio Borges Neto

Doutor em Matemática pela Associação Instituto Nacional de Matemática Pura e Aplicada (Impa). Professor Titular da Universidade Federal do Ceará (UFC), fundador do Laboratório de Pesquisa Multimeios. Atua na área de tecnologias digitais na Educação, com ênfase em EaD e inclusão digital e em Ensino de Matemática. Os termos mais frequentes em sua produção científica, tecnológica e artístico-cultural são: Sequência Fedathi, Ensino de Matemática, Raciocínio Matemático, Ambientes de aprendizagem, Ambiente virtual de ensino, Educação a distância, Colaboração, Tecnologias na Educação e Inclusão Digital. Realizou estágios pós-doutorais no Impa, na Université Paris VII – França e na *Université TÉLUQ* – Canadá. Coordenou, na UFC, o programa Universidade Aberta do Brasil no período out.2021-jun.2022.

E-mail: herminio@multimeios.ufc.br

Ivoneide Pinheiro de Lima

Licenciada em Matemática pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Graduada em Ciências pela Universidade Estadual do Ceará (Uece), com habilitação em Física. Mestra em Física e Doutora em Educação pela UFC. Professora do Programa de Pós-Graduação em Educação da Uece e do Curso de Licenciatura em Física. Coordenadora do subprojeto de Física do Programa Residência Pedagógica. Foi coordenadora do subprojeto Matemática Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (Pibid). Foi coordenadora institucional do Programa de Licenciaturas Internacionais (PLI) na área de Matemática e Física. Foi coordenadora Institucional do Programa Novos Talentos. Possui experiências na área de Educação, com ênfase em Métodos e Técnicas de Ensino, atuando principalmente nos seguintes temas: formação de professores, ensino e aprendizagem, ensino de matemática e ensino de física.

E-mail: ivoneide.lima@uece.br

Jéssica de Castro Barbosa

Licenciada em Pedagogia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestra e Doutoranda em Educação pela UFC. Pesquisadora do Laboratório de Pesquisa Multimeios. Foi bolsista do projeto Centros Rurais de Inclusão Digital (CRID), coordenado pelo Laboratório de Pesquisa Multimeios e mantido pelo CNPq. Participou do Programa de Iniciação à Docência (Pibid) e foi Coordenadora Pedagógica do Projeto Novo Vestibular (PNV) da UFC. É servidora pública do município de Caucaia/CE. Pesquisa temas relacionados à Ciberultura, Educomunicação, Virtualidade, Modalidades de Ensino mediadas pelas tecnologias, Sequência Fedathi, Objetos Educacionais Digitais, Memes e Redes Sociais.

E-mail: jessica@multimeios.ufc.br

José Rogério Santana

Graduado em Pedagogia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Mestre e Doutor em Educação pela UFC. Possui pós-doutorado pela Universidade Federal da Paraíba, na linha de Pesquisa História da Educação. Professor Associado da UFC, trabalhando com Tecnologias Digitais na Educação e Práticas Culturais Digitais. Possui experiência na área de Educação, com ênfase em Tecnologia Educacional e Educação a Distância. Atua nos temas: Computação *Single Board* na Educação, robótica educacional, informática educativa, Educação a Distância, Educação Matemática, geometria dinâmica e formação de professores, formação docente por videoaulas e metodologias educacionais. Desenvolve trabalhos sobre a relação Imagem e Memória na perspectiva da Pedagogia das Imagens Culturais e da História e Memória. Professor do Programa de Pós-graduação em Educação Brasileira da UFC e do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática. Também atua no Mestrado Profissional em Tecnologias Digitais da UFC Virtual. Desenvolve trabalhos de Coordenação do LABPAM/CD *Maker* – UFC (Laboratório de Pesquisas e Avaliações Métricas/Cultura Digital *Maker* da Faculdade de Educação da UFC).

E-mail: rogesantana@ufc.br

Maria José Araújo Souza

Licenciada em Matemática pela Universidade Estadual Vale do Acaraú (UVA). Mestre e Doutora na linha de pesquisa em Ensino da Matemática e Tecnologias Digitais na Educação, pela Universidade Federal do Ceará. Professora Adjunta e Diretora do Núcleo de Educação a Distância (NEaD) da UVA, em Sobral/CE. Área de atuação: Educação Matemática, Tecnologias Digitais e Educação a Distância.

E-mail: mazesobral@yahoo.com.br

Maria José Costa dos Santos

Graduada em Pedagogia pela Universidade Federal do Ceará (UFC). Licenciada em Matemática pela Universidade Cruzeiro do Sul (Unicsul) e pelo Instituto Federal do Ceará. Graduada em Tecnologia da Gestão Pública pela PUC. Especialista em Sistema de Informação pela Universidade Gama Filho. Especialista em Informática Educativa pela UFC. Especialista em Docência do Ensino Superior pela Unicsul. Mestra em Educação pela UFC. Doutora em Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Realizou pós-doutorado pelo Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Professora Associada no Curso de Pedagogia (UFC). Pesquisadora e orientadora no Programas de Pós-Graduação em Educação (PPGE/UFC), Renoen/Polo UFC e Mestrado profissional em Ensino de Ciências e Matemática (Encima/UFC). Coordenadora do Encima/UFC (2021-2025). Foi consultora na Seduc do Programa MAIS PAIC Matemática, do Aprender Mais e do Mais PAIC Integral (2024 – atual), no estado do Ceará. Coordenadora da formação presencial e *online* de professores da rede municipal de Fortaleza e da rede estadual, por meio do grupo de estudo e pesquisa Tecendo Redes Cognitivas de Aprendizagem (GTERCOA/UFC). Desenvolve pesquisas com professores da Rede Municipal de Ensino Público de Fortaleza (SME) por meio do Convênio SME/UFC “Observatório da Educação Básica”. Participa do grupo de pesquisa Políticas de Avaliação, Desigualdade e Educação Matemática (ProPed/UERJ). Coordena o Laboratório de Pesquisa Multimeios (UFC). É líder do Grupo de Pesquisa Tecendo Redes Cognitivas de Aprendizagem (G-Tercoa/UFC), investigando a formação docente, a partir das políticas públicas de avaliação e as reformas curriculares, contribuindo para a melhoria da Educação em âmbito nacional e internacional, a partir dos convênios com instituições e teóricos de outros estados e países.

E-mail: mazeautomatic@gmail.com

Raimundo Bezerra da Silva Neto

Graduado em Matemática pela Estácio. Graduado em Física pela Universidade Estadual do Ceará (Uece). Especialista em Física e Matemática pela Faculdade de Juazeiro do Norte (FJN). Especialista em Gestão Escolar pela FJN. Mestre em Ensino de Física pelo Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), polo da Universidade Regional do Cariri (Urca). Doutorando em Ensino de Física pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino da Rede Nordeste de Ensino (Renoen), polo da Universidade Federal do Ceará (UFC). Especialização em andamento em Formação em Energias Renováveis, projeto H-TEC – Qualificação e Fortalecimento da Cadeia Produtiva em Energias Renováveis no Ceará. Professor de Eletrotécnica do Instituto Centro de Ensino Tecnológico (Centec). Coordenador do Curso de Eletrotécnica na Escola Estadual de Educação Profissional Doutor José Iran Costa. Professor de Física da Escola Estadual José Correia Lima. Tem experiência na área de Física, com ênfase em Robótica Educacional.

E-mail: raimundo.b.neto@hotmail.com

Visite nosso site:
www.imprensa.ufc.br



Av. da Universidade, 2932 – Benfica
CEP.: 60020-181 - Fortaleza-Ceará, Brasil
Fone: (85) 3366.7485 / 7486
imprensa@proplad.ufc.br

No contexto das comemorações dos 70 anos da Universidade Federal do Ceará, a Coleção de Estudos da Pós-Graduação da UFC, em sua edição 2024-2025, celebra a maturidade de uma instituição que forma, pesquisa e transforma. Composta por 30 títulos selecionados em edital público, a coleção reforça o compromisso da UFC com a qualificação da formação discente e a valorização da sua produção intelectual. Os livros refletem a vitalidade da produção acadêmica que nasce no rigor da ciência, mas dialoga com os desafios regionais e globais. Fruto de seleção pública, esta edição testemunha o papel da pós-graduação na formação de excelência e no avanço do conhecimento, reafirmando o compromisso da UFC com o futuro, além de destacar a centralidade da pós-graduação na construção de uma universidade pública de referência.

ISBN 978-85-7485-607-0

