

Coletânea de Artigos Publicados  
na Revista Maranhense

Volume 01/ Numero 01/ Agost. 2022

# Revista Maranhense:

## Artes, Ciências e Letras



## ÍNDICE

• <b>Apresentação</b> .....	03
• <b>Equipe</b> .....	04
• <b>Sobre a Revista</b> .....	05
• <b>Indexadores</b> .....	06
• <b>Informações aos leitores</b> .....	07
• <b>A Terceira Fase Da Revista Maranhense: Artes, Ciências E Letras</b> .....	08
Antonio José Silva Oliveira	
• <b>O Uso de Ferramentas Tecnológicas Digitais no Ensino</b> .....	19
PRESENCIAL: contribuições para o processo ensino-aprendizagem	
Prof. Dr. Othon Bastos Filho	
Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Joina Alves Bomfim	
Prof. <sup>a</sup> Dr. <sup>a</sup> Teodora Torres	
• <b>CHEMICAL PROFILE AND BIOLOGICAL EFFECT OF OIL-IN-WATER NANOEMULSIONS (O/A) INCORPORATED WITH ESSENTIAL OILS</b> .....	31
Authors: Gustavo Oliveira Everton <sup>1*</sup> , Ana Patrícia Matos Pereira <sup>2</sup> , Maria Giulia Alves Carneiro Felizardo <sup>3</sup> , Thaylanna Pinto de Lima <sup>4</sup> , Joao Pedro Mesquita Oliveira <sup>5</sup> , Cassiano Vasques <sup>6</sup> e Victor Elias Mouchrek Filho <sup>7</sup> .	
• <b>HIGH ORDER COMPACT METHOD USING EXPONENTIAL DIFFERENCE SCHEMES IN THE SOLUTION OF THE CONVECTIVE DIFFUSION EQUATION</b> .....	47
Henrique Mariano C.do Amaral	
• <b>Sistema de Transmissão Óptico de Ondas Eletromagnéticas em Meios Contínuos.</b> .....	70
Isabel Maria Souza Ferreira, Clóvis Bosco Mendonça Oliveira, Carlos César Costa, Antonio José Silva Oliveira.	
• <b>Prevenção do Câncer De Mama</b> .....	80
Hilmar Ribeiro Hortegal	
• <b>Formação Docente: uma análise das funções estéticas da metáfora nos provérbios da obra “Amor por Anexins” de Arthur Azevedo no contexto da Educação de Jovens e Adultos integrada à Educação Profissional – EJATEC</b> .....	82
Raimundo Nonato Pinheiro Pires	
• <b>Entrevista</b> .....	99
Alan Kardec Pachêco e Raimundo Nonato Pires - Editores	

## APRESENTAÇÃO

É com imensa satisfação que a Academia Maranhense de Ciências – AMC apresenta o primeiro número de sua revista, intitulada *Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras*. É honesto dizer ao público leitor que o título não é novo. Esta Academia, ao recuperar este nome para sua revista, faz uma justa homenagem aos primeiros maranhenses que, preocupados com a pesquisa e seu desenvolvimento em nosso estado, editaram nos idos de 1916 – portanto, há mais de um século – um periódico com este nome, voltado para a Ciência. E não foi pouco.

O Maranhão tem uma imensa tradição em edição de revistas, livros e jornais. Talvez o editor mais conhecido tenha sido o português José Maria Correia de Frias, proprietário da Tipografia do Frias. Outro importante gráfico foi Belarmino de Mattos, proprietário da Tipografia do Progresso. Ambas foram responsáveis pela tradução e impressão de *Os Miseráveis*, em São Luís, no mesmo ano da edição parisiense, 1862. A Tipografia do Progresso publicou o I Tomo e a Tipografia do Frias, o II Tomo.

Outro importante órgão foi o *Jornal de Timon*, de João Francisco Lisboa, crítico dos costumes políticos de sua época, especialmente quando se referia às eleições, aos partidos políticos e à imprensa. Subserviência, corrupção, violência, fraude, arrogância e mediocridade, segundo Lisboa, a isso se resumia o comportamento dos políticos maranhenses. As críticas serviam também a considerável parcela dos homens dedicados à política de outros estados brasileiros e, por mais incrível que possa parecer, um século e meio depois, são atuais.

Mas a imprensa maranhense não ficou restrita à Capital. No sertão, Dunshee de Abranches, Frederico Figueira e Isaac Martins fundaram, em Barra do Corda, o jornal *O Norte*, propagador das ideias republicanas no Maranhão em pleno período monárquico. Em Carolina, José Queiróz e Elpídio Pereira editaram *O Tocantins*. Em Grajaú, circularam os jornais *Eco do Sertão*, redigido por Caio Franco e Jaime do Egito; *O Grajaú*, de Aníbal Nogueira; *O Tempo*, de Camilo Bezerra – jornais políticos e em defesa dos interesses sertanejos.

Nesta edição da *Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras*, professores das mais diversas áreas da Ciência, filiados a diferentes universidades, expõem o resultado de suas pesquisas, em andamento ou concluídas. Abrimos a publicação com um artigo em que Antônio Oliveira conta a história da recuperação do nome da revista. Na sequência, Raimundo Pires nos demonstra a importância da formação docente no contexto da EJATEC, no cenário profissional e social. Othon Bastos Filho associa-se a Jaina Alves Bomfim e a Teodora Torres para nos apresentar uma pesquisa sobre o uso de ferramentas tecnológicas digitais no ensino presencial e suas contribuições para o processo de ensino-aprendizagem. Hilmar Hortegal aborda a prevenção do câncer de mama e chama a atenção da população feminina para a necessidade de conhecer este tipo de enfermidade e seus tratamentos. Henrique Mariano do Amaral discorre sobre o método compacto de alta ordem usando esquemas de diferença exponencial na solução da equação de difusão convectiva. Antônio José Silva Oliveira, Isabel Maria Souza Ferreira, Clóvis Bosco Mendonça Oliveira e Carlos César Costa escrevem, em uma linguagem bastante acessível, sobre fontes eletromagnéticas em meios contínuos, a sua importância e relevância na difusão de conhecimentos científicos. Por fim, Victor Elias Mouchrek Filho expõe um estudo sobre o perfil químico e o efeito biológico de nano emulsões óleo em água incorporadas a óleos essenciais, com isso, mostra o uso da química na vida da população. Não deixem de ler também a entrevista com o presidente da AMC, Henrique Mariano Amaral.

A Academia Maranhense de Ciências saúda a todos e lhes deseja uma boa leitura.

## **EQUIPE EDITORIAL**

### **Conselho Editorial - 2022 a 2024**

Alan Kardec Gomes Pachêco Filho (Editor) - *Universidade Estadual do Maranhão*

André Silva - *Instituto Federal do Maranhão, Brasil*

Antônio José Silva Oliveira – *Universidade Federal do Maranhão, Brasil*

Edite Maria Barbosa Ramos - *Universidade Federal do Maranhão, Brasil*

Emilie Genevieve Audigier - *Universidade Federal do Maranhão, Brasil*

Henrique Mariano Amaral – *Universidade Estadual do Maranhão, Brasil*

Hercília Maria de Moura Vituriano - *Universidade Federal do Maranhão, Brasil*

Lívio Martins Costa Junior- *Universidade Federal do Maranhão, Brasil*

Othon Bastos Filho – *Universidade CEUMA, Brasil*

Raimundo Nonato Pires (Editor) - *Secretaria de Estado da Educação SEDUC/MA, Brasil*

Sálvio Dino de Castro Filho – *Universidade CEUMA, Brasil.*

### **Conselho Consultivo**

Adélia Justina Aguiar Aquino – *Department of Mechanical Engineering, Texas Tech University, USA*

Alan Kardec Gomes Pachêco Filho - (Editor). *Universidade Estadual do Maranhão, Brasil*

André Silva – *Instituto Federal do Maranhão, Brasil*

Antônio José Silva Oliveira – *Universidade Federal do Maranhão, Brasil.*

Francisca Neide Costa – *Universidade Estadual do Maranhão, Brasil*

Henrique Mariano Amaral – *Universidade Estadual do Maranhão, Brasil*

José Manuel Damião Soares Rodrigues – *Universidade de Lisboa - PT*

Matthias Rohrig Assunção – *Universidade de Essex - UK*

Othon Bastos Filho – *Universidade CEUMA, Brasil*

Raimundo Nonato Pires (Editor) *Secretaria de Estado da Educação SEDUC/MA, Brasil*

Victor Mouchrek Filho- *Universidade Federal do Maranhão, Brasil*

NOME: **Revista Maranhense: Artes, Ciência e Letras.**  
VOLUME 01/ NÚMERO 01/ agost. 2022

Filiada a Associação Brasileira de Editores Científicos – ABEC  
Revista Maranhense: Artes, Ciência e Letras.

### **SOBRE A REVISTA**

A Revista Maranhense: Artes, Ciência e Letras é uma publicação da Academia Maranhense de Ciências. Essa é a primeira edição nesse formato. Estamos usando o mesmo nome da primeira revista de Ciências que circulou no Maranhão do final do século XIX e início do XX. Este número tem o apoio financeiro da Secretaria de Estado da Ciência, Tecnologia e Inovação – SECTI.

### **MISSÃO**

Divulgar pesquisas nas várias áreas do conhecimento, promover e incentivar o debate científico entre pesquisadores, docentes e discentes brasileiros e estrangeiros, com o intuito de popularizar a ciência no Maranhão e no Brasil.

### **FOCO E ESCOPO**

A Revista Maranhense: Artes, Ciência e Letras nasce com o intuito de se constituir num espaço multidisciplinar, assim como é a natureza da Academia Maranhense de Ciência, constituída de professores pesquisadores das mais diversas áreas do conhecimento. A cada número traremos dossiê temático, entrevistas, resenhas, artigos livres.

### **POLÍTICA DE ANTI-PLÁGIO**

A Revista Maranhense: Artes, Ciência e Letras, é terminantemente contra plágio de qualquer natureza e indica aos pesquisadores/as que queiram publicar conosco, que leiam atentamente o [Guia de boas práticas](#) (aqui precisa remeter ao link da SciELO).

Não seremos tolerante com o plágio e para evitar qualquer problema a esse respeito, recomendamos:

- citar de maneira clara, sem margem para ambiguidades: dados, análises, interpretações de outros autores e mencionar a referencia.

## **INDEXADORES MÉTRICOS**

CIRC

Google Scholar

Índice h5: 5 (7) (2022)

MIAR

ScienceOpen

Wizdom.ai

## **INDEXADORES DE METADADOS**

Bielefeld Academic Search Engine

Diadorim

Directory of Open Access Journals

Directory of Research Journals Indexing

Index Copernicus

Latindex - Catálogo 2.0

Sumários.org

## **BUSCADORES**

CONICET

Donde lo Público

EBSCO

ERIH PLUS

Evifa

EZB

Fatcat (Internet Archive)

Harvard Library

LatinREV

LivRe

Oasisbr

Periódicos CAPES

ResearchBib

Riesa

Science Gate

Scilit

UBL

UNSW Library

WorldCat

## INFORMAÇÕES

Para Leitores - Incentivamos os leitores a se inscreverem no serviço de notificação de publicação deste periódico. Use o Registrar link na parte superior da página inicial da revista. Esse registro fará com que o leitor receba o Índice por e-mail para cada nova edição da revista. Essa lista também permite que o periódico reivindique um certo nível de suporte ou leitores. Veja a Declaração de privacidade da revista, que garante aos leitores que seu nome e endereço de e-mail não serão usados para outros fins.

Para Autores - Interessado em enviar para esta revista? Recomendamos que você analise a About the Journal página para as políticas de seção da revista, bem como as Diretrizes para autores. Autores precisam registrar-se com a revista antes de enviar ou, se já estiver registrado, pode simplesmente fazer log in e iniciar o processo de cinco etapas.

Para Bibliotecários - Convidamos as bibliotecas a listar revistas de Acesso Livre em seus catálogos de revistas eletrônicas. Este sistema de publicação é desenvolvido também para ser hospedado e operado por bibliotecas, em apoio ao trabalho de publicação das revistas do seu corpo acadêmico (saiba mais acessando a página oficial do [Open Journal Systems](#)).

## IDIOMA

Português (Brasil)

English

## ENDEREÇO DA REVISTA

Avenida dos Portugueses, 1966, Prédio Castelão, segundo piso - Bairro Itaqui-Bacanga - Campus Universitário Dom Delgado - UFMA. CEP 65080-805.

## ***A TERCEIRA FASE DA REVISTA MARANHENSE: ARTES, CIÊNCIAS E LETRAS***

*Antonio José Silva Oliveira*

Doutor em Física, Professor da UFMA, Pesquisador do CNPq, Membro da AMC

### **1 INTRODUÇÃO**

A divulgação científica desempenha um papel de fundamental importância na desmistificação da ciência e na aproximação entre a sociedade e as descobertas científicas. Na história da divulgação e propagação da ciência, várias foram as iniciativas que influenciaram gradativamente no desenvolvimento de uma consciência científica. Ao observarmos o movimento cientificista no Maranhão do final do século XIX e início do século XX, encontramos a Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras, um canal de divulgação científica e de fomento literário. Este periódico é um marco na divulgação e popularização da ciência no Estado do Maranhão, escrito num período em que os intelectuais maranhenses desejavam retornar às glórias do passado da tão conhecida Atenas Brasileira.

A proposta de relançar a Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras como uma revista da Academia Maranhense de Ciências fundamenta-se no desejo de resgatar a memória histórica da divulgação científica no Estado do Maranhão, já que este periódico representa os anseios de intelectuais com o progresso social, científico e educacional entre os anos de 1885 a 1925. É nesse resgate que se propõe também a observar o atual cenário do Maranhão em relação à ciência e ao seu desenvolvimento, considerando que um dos legados da Revista Maranhense foi chamar atenção, por meio de seus artigos, para a problemática do analfabetismo, bem como da necessidade de combatê-lo promovendo a educação e a ciência, fatos este que queremos inserir nesta nova versão colocando a palavra inovação e como produto de análise para política de inclusão social agregando valores científicos em nossos produtos naturais tanto agrícola como minerais.

Semelhante ao início do século XX, diversas são as iniciativas que visam promover a aproximação do maranhense com o desenvolvimento científico que estão acontecendo no final do século XX e início de XXI. Hoje, o Estado conta com a *Fundação de Amparo à Pesquisa - FAPEMA*, que publica semestralmente a *Revista Inovação*, um canal para a publicação de artigos acadêmicos e estímulo científico. Outro importante meio de divulgação científica no Maranhão é o programa *Rádio Ciência*, veiculado duas vezes ao dia na *Rádio Universidade FM*. A Secretaria de Ciência e Tecnologia (SECTI) publica a *Revista Maranhão Ciência* e o *Caderno Ignácio Rangel de Ciência, Tecnologia e Inovação*. Somado a essas ações há o *Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência* (LDC Ilha da Ciência), projeto pioneiro do Departamento de Física da Universidade Federal do Maranhão – UFMA, que como museu de ciência aberto ao público, vem atendendo estudantes da rede pública e particular. Em 2008 teve a fundação da Academia Maranhense de Ciências e após uma longa discussão entre seus membros ficou decidido a criação da Revista da Academia Maranhense de Ciências com a nome de Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras. Este fato correu em 2022.

Em 08 de Julho de 2021, no dia da Ciência, foi entregue ao público em geral o Espaço da Ciência e o Firmamento – Planetário UFMA da Universidade Federal do Maranhão, que está localizado no interior do Campus Universitário Dom Delgado, na região Itaqui-Bacanga em São Luís – MA. A abrangência do projeto é criar um Centro de Referência para o estudo e difusão da Ciência no Maranhão, fomentando-a no Estado para todas as classes sociais e para o maior número de municípios. O início da construção do “Espaço da Ciência e do Firmamento” se deu ano de 2015 e quando finalizado o espaço proporcionará o estudo e difusão de ciências, graças ao aspecto multidisciplinar



do projeto em questão, além do ensino de Astronomia. O projeto engloba um “Planetário & Teatro Digital”, um salão de exposição, um auditório, lanchonete, sala para acolhimento de crianças, sala de criação, sala de administração, bateria de banheiros e um Observatório Astronômico, totalizando uma área de 7.900 m<sup>2</sup>, ferramentas que associadas proporcionarão uma ampla visão para a ciência, tecnologia e ensino de astronomia. Recentemente, no final de 2021 submetemos ao MCTI o projeto para construção do planetário digital fixo com o objetivo específico de prestar serviços de apoio técnico e estrutural à sua execução. Desenvolvido como um centro gerador de ciência, o Espaço da Ciência tem ambiente científico e propício para o desenvolvimento da educação e expansão do conhecimento científico, contribuindo, dessa forma, para a ampliação, difusão e divulgação da ciência no País, em especial no Estado do Maranhão.

## 2 REVISTA MARANHENSE

A segunda metade do século XIX testemunha um grande avanço das ciências, efeito da Revolução Industrial, cujos efeitos transformam definitivamente as relações entre homens.

Rememorando-se às duas primeiras décadas desse século, observa-se que eles vêm o surgimento de um grupo de acadêmicos - entre os quais Amoroso Costa, Henrique Morize, os irmãos Ozório de Almeida, Lélío Gama, Teodoro Ramos - que participaram intensamente de várias atividades pioneiras no projeto de um caminho para o desenvolvimento básico e para a difusão da ciência no Brasil. Filosoficamente, na esteira de Otto de Alencar, promove-se uma crítica intensa ao positivismo comteano, principalmente pela pena de Amoroso Costa, que exercia profunda influência nas escolas profissionais bem como na vida educacional e política brasileira. Esse grupo tinha como estratégia o desenvolvimento da pesquisa científica e a construção da identidade de um novo tipo de intelectual - O Cientista Puro.

Outro marco importante foi a criação em 1916 da *Sociedade Brasileira de Ciências* (ABC) no Brasil e que se transformaria, em 1922, na *Academia Brasileira de Ciências* (ABC); ano em que foi também realizada a *Semana de Arte Moderna*, evento realizado nas noites de 13,14, 15 e 17 de fevereiro de 1922, no Teatro Municipal de São Paulo, onde vários artistas apresentaram obras que incorporaram novas tendências estéticas, num verdadeiro processo de ruptura artístico-literária, paralela à que ocorria politicamente no país nesse mesmo período: “Somos hoje contemporâneos de uma realidade econômica, social, política e cultural que se estruturou depois de 1930”. (BOSI, 2006, p.383) Em Bosi, (2006, p.383), leia-se ainda:

A poesia, a ficção, a crítica saíram inteiramente renovadas do Modernismo. Mário de Andrade, no balanço geral que foi a sua conferência ‘O Movimento Modernista’, escrita em 1942, viu bem a herança que este deixou: ‘o direito permanente à pesquisa estética; à atualização da inteligência artística brasileira; e à estabilização de uma consciência criadora nacional’.

É nesse cenário nacional que tentativas são feitas para a criação das primeiras faculdades de filosofia, ciências e letras. Em 1923, cria-se a Rádio Sociedade com o objetivo de auxiliar na educação geral e de difundir a cultura e os conhecimentos científicos. A Associação Brasileira de Educação (ABE), que viria a desempenhar, por muitos anos, um importante papel em defesa da educação pública no Brasil, é fundada em 1924. Nessa década foi eminente a preocupação com a difusão e a educação científica com a emergência de uma nova elite científica no Brasil, procurando reformar e melhorar o ensino público e o surgimento da valorização da pesquisa.

Nessa época, surgem várias iniciativas cujo objetivo era despertar, na população local, o

interesse por ciências e artes. Uma delas é a Universidade Popular e em seguida a Escola de Ensaio. Tanto uma quanto outra são marcadas pelo anseio de reviver o prestígio do passado. Conferências eram realizadas nos saguões da Biblioteca Pública do Estado, promovendo ali debates e calorosas conversas acerca de questões literárias.

Sobre a criação da Universidade Popular, Leia-se:

Foi no bojo dessas agitações [...] que surgiu a idéia de se criar uma Universidade Popular no Maranhão, por iniciativa de Antonio Lobo, que conseguiu mobilizar outros intelectuais maranhenses para organizar o que eles chamavam de ‘um novo experimento educacional’. (OLIVEIRA et al 2007, p.4)

Em uma dessas exposições literárias, foi lido o texto “Renascença” de Frederico Figueira, que legitimou todo um pensamento envolvente à época. Nele, o autor fala de um Maranhão que, nos vários campos do conhecimento, destacava-se por seu apego ao saber-por excelência: História Geral, Direito, Astronomia e Literatura. Destaque-se que:

Na primeira conferência de História proferida por Antonio Lobo, este esclareceu que sua iniciativa estava pautada em esperiências de outros países, como Inglaterra e Estados Unidos. Nesses países as bibliotecas públicas transformaram-se em forças pedagógicas ativas, uma vez que não esperavam a chegada dos leitores, mas iam convocá-los e atraí-los através de conferências públicas realizadas em seus próprios salões. Além disso, faziam indicação dos melhores livros que se encontravam disponíveis em suas bibliotecas. (OLIVEIRA et al, 2008.p.5)

Figueira relembra momentos, escolas, nomes que conferiram ao Estado o título de Athenas Brasileira. O texto todo é uma espécie de vivas e urras às pessoas que se dedicaram à construção do saber literário e científico do Estado. Ele dizia que em um período anterior àquele que eles viviam, o prestígio do maranhense era tão grande que: “Moços esperançosos, cheios de nobres aspirações, deixavam a terra do nascimento para irem à grande metrópole brasileira ou noutros Estados da República honrar o nome maranhense”. (REVISTA MARANHENSE, n. 49, ano. 1920, p.01).

Onde chegavam, eram bem vistos e muito bem aceitos, tudo por terem vivido o passado glorioso maranhense. Figueira, porém, aponta o fator que determinou o declínio da Athenas Brasileira, segundo ele:

As letras maranhenses, embrenhando-se no indiferentismo ou abusando da proteção que os potenciados dispensavam nos exames aos estudantes que a eles recorriam, foram diminuindo de brilho e empanando os fulgores de que por tantos lustres gozaram. (Revista Maranhense, n. 49, ano 1920, p.01)

Sendo bastante realista, o autor do texto “Renascença” aponta que esse é o ciclo natural das civilizações, não importando o tempo e o espaço em que elas se encontram. Toda a humanidade passa por transições, ora ela vive seu momento áureo, ora vê seus valores literários decadentes e amorfos.

A intenção de Figueira é mostrar as glórias existentes em um passado e por meio dessa demonstração, despertar na população de sua época a importância da literatura e da ciência na construção da sociedade. Em seu texto, esse autor finaliza citando algumas instituições que naquele momento eram as únicas a ainda se preocupar com o resgate dos valores literários perdidos no passado. Assim, faz menção honrosa à Academia Maranhense de Letras, à Faculdade de Direito do Maranhão e à Revista Maranhense, que naquele período, representavam a tentativa de manter viva a dedicação às artes, ciências e literatura.

Dentro desse contexto de transformações, surge a Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras, um periódico mensal, literário e científico, apontado como o primeiro canal de divulgação científica no Estado do Maranhão, publicada em duas versões, a primeira de 1887 e a segunda de 1916:

A Revista Maranhense, além de expor por meio de seus artigos as condições históricas de desenvolvimento social e educacional do Estado, também se colocou como primeiro canal de publicação científica relevante para o desenvolvimento científico durante o período em que circulou. Seu estudo possibilita elucidar diversos aspectos da cultura, literatura, linguagem e sociedade maranhense da época. (Coletânea de artigos publicados na Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras, 2007, p.1)

Em 1887 foram publicados apenas três números da Revista Maranhense. As informações obtidas desse período foram adquiridas através do jornal “O Diário do Maranhão”.

O Diário do Maranhão também fazia publicidade das assinaturas da Revista. Os leitores eram estimulados a escrever artigos para serem publicados. Em nota:

[...] este periódico que, por enquanto aparecerá mensalmente contendo nunca menos de 16 páginas de impressão in quatro, tem por fim proporcionar aos maranhenses a publicação de suas produções literárias e científicas. (DIÁRIO DO MARANHÃO, ano 1887, Nº 4217).

Atualmente, esses primeiros exemplares da Revista Maranhense estão desaparecidos da Biblioteca Pública Benedito Leite. A última referência desta primeira versão também é feita pelo Diário do Maranhão de 23 de dezembro de 1887: “*Por motivos ponderosos deixa de ser publicada no mês de dezembro corrente o número quarto da Revista Maranhense, com o qual começará no segundo semestre*”. (DIÁRIO DO MARANHÃO, ANO 1887, n 4288).

Outra menção aos primeiros números publicados é o conto *A Escrava*, de Maria Firmina dos Reis (1825-1917), publicado na Revista Maranhense.

Maria Firmina dos Reis aventurou-se a escrever dentro do contexto que a realidade brasileira impunha à época, somando-se às dificuldades econômicas e geográficas, já que nunca saiu do eixo Guimarães e São Luís (MA).

Apesar de estar inserida em uma sociedade patriarcal e na maioria das vezes seus escritos apresentarem um estilo ultra-romântico – característica da época em que ela viveu –, considerados, à primeira vista, ingênuos e açucarados, essa escritora, como suas contemporâneas, mencionava assuntos negados por escritores do seu tempo, revelando uma veia abolicionista, articulada com o contexto das relações econômicas, sociais e culturais da época.

No posfácio do romance *Úrsula*, de autoria da mesma, Eduardo de Assis Duarte, mostra o que foi a vida desta professora que, atravessou inúmeras dificuldades devido sua *condição de menina bastarda e mulata* vivendo numa época de extrema segregação racial e social. Diz ele:

Maria Firmina teve participação relevante como cidadã e intelectual ao longo dos noventa e dois anos de uma vida dedicada a ler, escrever e ensinar. Atuou como folclorista, na recolha e preservação de textos da literatura oral e atuou também como compositora, sendo responsável, inclusive, pela composição de um hino para a abolição da escravatura. E, o mais importante, trouxe a público dois romances, *Gupeva*, em 1861, de temática indianista, e *Úrsula*, em 1859, no qual aborda a escravidão a partir do ponto de vista do outro, assunto que também norteia a narrativa do conto “A Escrava”, publicado em 1887, no auge da campanha abolicionista.

A Revista Maranhense renasce em 12 de março de 1916, fruto da união de dois jornais: “O Estudante” da Sociedade Estudantil Machado de Assis e “A Vontade” jornal de um grupo de rapazes que se dedicavam à literatura, e que desejavam publicar um periódico em bom formato, para expressar seus anseios pelo progresso e o desejo de rememorar o passado glorioso do Maranhão.

Este periódico circulou na capital maranhense e nos principais municípios do Estado como: Caxias, Ararí, Icatú, Bacuri, Rosário, Chapadinha, Cururupu, Pedreiras, Brejo, Barro Vermelho, Ponta Nova, São Vicente de Ferrer. No entanto, a circulação não se limitou ao Maranhão, alcançou também a cidade de Belém do Pará. Resultado do trabalho de divulgação dos colaboradores, dentre eles muitas professoras do interior.

Sem dúvida, a Revista Maranhense é um veículo de comunicação que representava os anseios dos jovens intelectuais preocupados com o desenvolvimento: econômico, social e político do Maranhão:

[...] seus artigos relatavam seus sentimentos em relação ao contexto que os cercavam, revelando a problemática econômica, social e educacional do Estado, numa tentativa de alertar sobre suas causas, e elucidar os caminhos para as soluções cabíveis à resolução dos problemas. (Coletânea de artigos publicados na Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras, 2007, p.9)

Considerando-se a aptidão maranhense para as letras, explicita-se também aqui, a vocação literária da revista, que traz, no conjunto de suas publicações, literatura fragmentada nos mais diversos gêneros textuais. A saber: folhetins, poemas, contos, crônicas e charadas.

Sendo a Revista Maranhense, conforme já explanado, um periódico de divulgação científica e considerando que ela também veicula o literário, pode-se anunciar aí uma espécie de viés literário do trabalho científico, ou ainda, do cientista, visto ser a literatura, igualmente unidade e dualidade, ou ainda, ciência e arte.

Havendo dualidade nessa ‘leitura’, observe-se que o fato literário, é por natureza, também um fato linguístico, o que anuncia ao mesmo tempo, a dualidade do signo linguístico, constituído de significante e significado, e o metafórico, já que “A literatura é linguagem carregada de significado até o máximo grau possível”. (POUND, 2007, p.32).

Na Revista, observa-se que dentre os empreendimentos a favor do desenvolvimento científico nas duas primeiras décadas do século XX houve duas grandes iniciativas de intelectuais positivistas no Maranhão: a Universidade Popular (1909 a 1910) e a Escola de Ensaio (1919 a 1924).

A Universidade Popular, iniciativa de Antônio Lobo, então diretor da Biblioteca Pública Benedito Leite, tinha como principal objetivo incentivar os leitores a frequentar assiduamente a referida Biblioteca. As conferências aconteciam às quintas-feiras no salão nobre da Benedito Leite e os temas eram divulgados no jornal a “Pacotilha”, que às sextas-feiras publicava o resumo do que havia sido dito na palestra do dia anterior.

Uma análise mais apurada das atividades da Universidade Popular conduz a duas observações: a primeira aponta a relevância social das discussões oriundas das temáticas universais ali pautadas, já a segunda revela o não cumprimento do princípio da extensão, intrínscico a toda universidade como parte essencial do tripé que a sustenta, formado também pelo ensino e pela pesquisa, já que a realidade local não foi considerada.

A Escola de Ensaio tinha como finalidade a promoção de palestras científicas e literárias à comunidade estudantil maranhense. As atividades realizadas nas manhãs de domingo eram

divulgadas nos jornais “Diário de São Luís”, “Diário do Maranhão” e “O Jornal”, além de outros veículos de comunicação da época. No sábado era veiculado uma nota sobre o conteúdo da palestra e na segunda-feira era publicado um comentário sobre o tema proferido na conferência seguido de agradecimento aos participantes. Nestes dois momentos os jornais desempenharam um papel de grande importância, incentivando a participação da comunidade ludovicense nas atividades de desenvolvimento e fomento intelectual.

A Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras integra este processo de efervescência cultural, promovendo o debate sobre questões científicas e de desenvolvimento: econômico, social e político do Maranhão, com matérias diversificadas, com textos e poesias que dissertavam sobre guerra, Naturismo, Bacterioterapia, Matemática, Física, Química, Medicina entre outros assuntos de interesse para a sociedade da época.

Outros acontecimentos marcaram esse período, como as primeiras tentativas de implantação de instituições de ensino superior no Estado que surgiram com a Proclamação da República e foram concretizadas com a Escola de Aprendizado Agrícola Cristino Cruz. No entanto, a primeira Escola de Ensino Superior, a Faculdade de Direito, é fundada somente em 28 de abril de 1918, impulsionada pela intelectualidade maranhense.

A carência e necessidade de intuições de Ensino Superior no Maranhão eram latentes. Por isso, a fundação da Faculdade de Direito foi recebida com um clima de euforia pelos rapazes da Revista Maranhense. A Revista de maio de 1918 estava repleta de textos e artigos relacionados à Faculdade de Direito:

E assim parece que o Maranhão desperta da letargia profunda que tanto o debilitava. Hoje, a Faculdade de Direito, amanhã a luz elétrica, depois tração, e assim vamos prosseguindo com o progresso que parece real. (REVISTA MARANHENSE, N 26 e 27, ANO 1918.)

A maior preocupação daqueles jovens estudantes era com o desenvolvimento do Estado, sobretudo o desenvolvimento educacional. A Revista Maranhense despertava a população para a importância do conhecimento, divulgando de forma pioneira a ciência. No artigo “Analfabetismo” a importância do conhecimento é ressaltada:

Onde quer que seja a instrução não se vá difundindo, a ignorância se desvendará, lançando-se arrebataadamente sobre a humanidade, prejudicando-a sensivelmente, dando lugar aos crimes [...] Entre os homens devia unicamente existir um desejo ardente, um egoísmo inominável, uma vontade sobrenatural, - a ilustração do espírito. (REVISTA MARANHENSE, N 13, ANO 1917.)

Os problemas sociais eram denunciados nas páginas da revista O Estado, conhecido pelas altas taxas de analfabetismo, vivia naquele período uma condição alarmante. A Revista Maranhense registra que grande parcela da população era analfabeta, e apenas 15% das crianças do Estado estavam aptas a frequentar a escola, sendo que a maior parte do alunado maranhense concentrava-se na capital. A situação era mais complicada no interior, quase desprovido de escolas.

Apesar da pouca idade, a preocupação daqueles rapazes com o desenvolvimento do Estado era notável em cada número da revista. Na Revista Maranhense de setembro de 1918 é exposto que a capital maranhense passava a ter luz elétrica. Esse acontecimento foi comemorado e o prefeito da época, Clodomir Cardoso, citado e parabenizado pela Revista. Os rapazes eram conscientes das necessidades do Maranhão, e não estavam indiferentes às suas questões políticas. O artigo sobre a chegada da luz elétrica é finalizado com o povo maranhense sendo convidado para as eleições: “Às urnas, pois, povo maranhense, que quem vos fala é uma humilde Revista de moços não

eleitores, portanto sem paixões políticas, e só desejando o engrandecimento da terra. (REVISTA MARANHENSE, n. 31, 1918).

É notório que aqueles jovens rapazes tinham como referência figuras ilustres da comunidade intelectual maranhense, como Antonio Lobo e Fran Paxeco. Antonio Lobo foi homenageado na edição nº 05 da Revista Maranhense, de julho de 1916, após sua morte. Fran Paxeco, personalidade ilustre do cenário maranhense, era cônsul de Portugal no Maranhão e amante do Estado. Escreveu vários livros sobre o Maranhão, colaborou e participou das mais diversas iniciativas pró-desenvolvimento intelectual maranhense como a fundação da Academia Maranhense de Letras, do Instituto Histórico e Geográfico do Maranhão e da Faculdade de Direito.

Ao analisarmos um livro sobre a biografia de Fran Paxeco, encontramos uma fotografia feita em 1908 dos principais mentores da Oficina dos Novos, o que comprova que o berço de informação e cultura daqueles rapazes era o próprio Maranhão<sup>1</sup>.



Sentados : 1 - José Luso Torres, 2 - António Francisco Leal Lobo. 3 - Manuel Fran Paxeco. 4 - Sebastião Sampaio. Em pé : 5 - Raul Soares Pereira, 6 - Raimundo Correia de Araújo. 7 - Edgard Almeida, 8 - Alfredo de Assis Castro, 9 - Luís Carvalho, 10 - Raul Astolfo Marques e 11 - Jerônimo José Viveiros.

A Revista Maranhense tinha características bem próprias e marcantes. Considerando que ela é fruto de jornais, havia diversas seções e espaços semelhantes a outros impressos da época, como a seção das “*Erratas*”, onde eram feitas correções de notas das edições anteriores, a seção das personalidades maranhenses que era um espaço para biografias, além de espaços para notas de falecimento, abria espaço para aniversários, entre outros eventos sociais.

A fim de aguçar o interesse do leitor, eram feitos concursos e enigmas, o ganhador recebia livros e assinaturas gratuitas da Revista.

A literatura era destaque, havia uma seção exclusiva para sonetos e poesias, o chamado “*Florilégio Poético*”, isso evidencia a preocupação dos autores com temas como progresso e desenvolvimento ligados à necessidade de revitalizar a produção literária maranhense.

No início do século, a juventude maranhense costumava formar sociedades literárias para

<sup>1</sup> Imagem encontrada em: DA LUZ, Joaquim Vieira. **Fran Paxeco e as figuras maranhenses**. Rio de Janeiro: Edições Dois Mundos, 1957. p.59.

promover reuniões e festas, e assim, discutir literatura. Dali sempre brotava um jornal que circulava na cidade. Segundo o artigo “Maranhão Literário do Passado”, de Astrolábio Caldas, redator chefe da Revista Maranhense, o Maranhão era o estado brasileiro com o maior número de impressos no período de 1906 a 1917, porém a maioria dos jornais tinha pouca duração:

Agora vou deixar-vos inteiramente conhecedores da pouca duração das sociedades [...] Hoje funda-se aqui uma sociedade, convida-se meia dúzia de rapazes[...] Depois, a publicidade de um jornalzinho; daí a algum tempo o desanimação geral entre os sócios,; não tem mais festas...e então morre a tal sociedade literária e o desânimo é tal, que toda as congêneres também desaparecem!...(REVISTA MARANHENSE, N14, ANO 1917p.123).

Mais uma vez a Revista Maranhense se destaca em relação a outros impressos da época, já que foi publicada até 1922, com os números 64 e 65 em uma única edição, diferenciando-se também deles pelo conceito inovador de mesclar literatura com ciência.

É válido salientar que, hoje, no Maranhão, são inúmeros os periódicos que circulam disseminando informação, no entanto, o Estado continua carente de jornais e revistas especializados em discutir literatura e, sobretudo, ciência.

São incipientes os instrumentos especializados em divulgação da ciência. Inexistem veículos de comunicação de cunho científico para o grande público - há somente revistas especializadas ligadas aos cursos de pós-graduação, como as revistas dos Mestrados em Educação e em Políticas Públicas, ou mesmo revistas de universidades e faculdades como é o caso da Revista Ceuma Perspectiva, do UNICEUMA, a revista Pesquisa em Foco, da UEMA e o Caderno de Pesquisa da Universidade Federal do Maranhão.

A proposta mais democrática de divulgação e popularização da ciência em nosso estado, e de compromisso semelhante ao da Revista Maranhense é a Revista Inovação, da FAPEMA, que divulga de forma abrangente a produção científica local, na tentativa de tornar a ciência mais próxima da sociedade maranhense.

Daí percebermos que o Maranhão, tal como acontecia no início do século XX, atravessa profundas transformações nos campos político, econômico e educacional. Paralela a essas transformações cresce a quantidade de instituições de Ensino Superior e de produções acadêmicas, porém o Estado ainda necessita avançar em relação à difusão da ciência e à criação de políticas públicas de inclusão do conhecimento científico à população de modo geral.

Portando com a fundação da Academia Maranhense de Ciências neste momento estamos relançando a 3ª versão da Revista Maranhense: Artes, Ciências e Letras como mais um canal de Divulgação Científica em nosso estado e como em suas primeiras versões terá versão A4 em dupla coluna, na forma impressa e em versão eletrônica. Os artigos podem ser de lavra própria ou de revisão. Seu primeiro editor chefe será o professor da Universidade Federal do Maranhão e Acadêmico membro da Academia Maranhense de Ciências Prof. Alan Kardec Gomes Pacheco Filho, mestre pela UFPE e Doutor em em História Social da UFF.

### **3 CONCLUSÃO**

A relevância da pesquisa em torno da divulgação científica está em instituir essa atividade como parte da sociedade e do cotidiano científico nas instituições de ensino. A Revista Maranhense é uma prova de que a ciência pode estar mais próxima das pessoas, pois ela revela-se como um veículo de comunicação que além de desvendar a sua época, colabora para que se perceba a necessidade de associar ciência com os aspectos mais construtivos e profundos do cotidiano das pessoas como a arte, a cultura, a história e a filosofia.

O interesse da juventude do início do século XX pelo campo das letras, o desejo de, assim como seus mestres, rememorar as glórias do passado, atrelado à vontade de transformar a sociedade maranhense através do progresso científico e educacional, marcaram a Revista Maranhense.

Em cada uma de suas páginas está registrado o desejo dos intelectuais de pôr em pauta temas de interesse geral, tais como o debate de Políticas Educacionais.

É importante frisar, que ainda há muito a ser elucidado sobre esse importantíssimo periódico, para assim desvendar a sociedade em que aqueles rapazes escreviam.

Por fim, diante do atual contexto do Maranhão em relação à ciência e à educação, verifica-se a necessidade de maior estímulo para difusão do conhecimento a partir de uma política de divulgação da ciência e democratização da educação, para que assim, o tão sonhado progresso e desenvolvimento do Estado aconteçam, e o passado glorioso de literatos se transformando em um presente de cientistas e pesquisadores. Seja bem vinda Revista Maranhense: Arte, Ciências e Letras em sua 3ª versão e que tenha vida longa.



## REFERÊNCIAS CONSULTADA

ARGÜELLO, A. **Ciência e Público: caminhos da divulgação científica no Brasil**. Rio de Janeiro: Casa da Ciência – Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2002. p.43-64.

AZEVEDO, F. **As ciências no Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. UFRJ. V. 1. 1994. 462p.

BRAGA, A.C. P, N. **Benedito Leite e o ensino secundário maranhense na Primeira República (1889-1910)**. Monografia. Universidade Federal do Maranhão. São Luís – MA, 2001. 79p.

CANDAU, Vera Maria. A relação teoria-prática na formação do educador. In: Rumo a uma nova didática. Petrópolis (RJ): Vozes, 1991.

CAZELLI, Sibebe, et all. Tendências pedagógicas das exposições de um museu de ciência. IN: Anais do Seminário Internacional de Implantação de Centros e Museus de Ciência. Rio de Janeiro (RJ): UFRJ, Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Educação em Ciência, 2002.

CRESTANA, Silvério et. all. (orgs.). Educação para a ciência: curso para treinamento em centros e museus de ciência. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2001.

DUARTE, Eduardo de Assis, **Posfácio**, in Reis, Maria Firmina dos. Úrsula. Disponível em: <http://www.editoramulheres.com.br/ursulaposfacio.htm>. Acesso em 22.04.2008.

FARIA, Wilson de. Aprendizagem Significativa. In: Aprendizagem e planejamento de ensino. São Paulo: Ática, 1989.

FREITAS, Mara Cristina. **Experimentoteca da física: uma abordagem da importância da experiência no ensino da física**. São Luís, 2001 (monografia de graduação em Física/UFMA).

GEVERTZ, R. **Centros e museus de ciência no Brasil: visões e experiências: subsídios para um programa nacional de popularização da ciência**. São Paulo: Saraiva: Estação Ciência, 1998.

GUIMARÃES, Vanessa F.; SILVA, Gilson Antunes (orgs.). **Anais do Seminário Internacional de Implantação de Centros e Museus de Ciência**. Rio de Janeiro (RJ): UFRJ, Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Educação em Ciência, 2002.

LIBÂNIO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez, 1994. (Coleção Magistério 2º Grau. Série Formação do Professor).

LIMA, M. E. A. **Contribuições da Revista Maranhense para o desenvolvimento da educação e da ciência no estado do Maranhão: 1887 a 1920**. Monografia. Universidade Federal do Maranhão. São Luís – MA, 2003. 79p.

MAIA, Newton Freire. **A Ciência por Dentro**. 5. ed. Petrópolis, São Paulo: Vozes, 1998, 262p.

MASCARENHAS, S. **Centros e museus de ciência no Brasil: visões e experiências: subsídios para um programa nacional de popularização da ciência**. São Paulo: Saraiva: Estação Ciência, 1998.

MOISÉS, Massaud. **História da Literatura Brasileira**. São Paulo: Cultrix, 2001, V. II.

OLIVEIRA, Antônio José Silva. **Atividades desenvolvidas pelo professor Antônio José Silva Oliveira através do Projeto Cientista do Amanhã como justificativa de sua contribuição**

**à divulgação científica entre o público leigo: portfólio.** São Luís (MA), 2001.

OLIVEIRA, Antonio José Silva; et all. **Ciência e ensino superior no Brasil e no Maranhão: de 1850 a 1950.** In: CEUMA Perspectivas: Brasil 500 anos.. São Luís (MA): UNICEUMA, ano 4, vol. 4, fev., 2000.

OLIVEIRA, Antonio José Silva; LIMA, Ivone Lopes. **Cientistas do Amanhã: Experimentoteca de Física.** In: Anais do Seminário Internacional de Implantação de Centros e Museus de Ciência. Rio de Janeiro (RJ): UFRJ, Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Educação em Ciência, 2002.

OLIVEIRA, Antonio José Silva; LIMA, Maria Eliana Alves. **Revista Maranhense: veículo de divulgação científica no estado do Maranhão.** In: XVI SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 2005, Rio de Janeiro. Anais do XVI SNEF. 2005.

OLIVEIRA, José Augusto Silva; COSTA, Maria Célia Pires; MUNIZ, Ivanôra dos Santos; COSTA, Judite Eugênia Barbosa; OLIVEIRA, Antonio José Silva. **Formação das instituições científicas no Brasil e no Maranhão: de 1800 a 1950.** (s/d). (Impresso).

OLIVEIRA, Marta Kohl de. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento – um processo sócio-histórico.** São Paulo: Scipione, 1999.

OLIVEIRA. A.J.S. et al. **Ciência e ensino superior no Brasil e no Maranhão.** Ceuma Perspectiva, São Luís – Maranhão, v.4, p.95-102, 2000.

PAIM, A. **História das Idéias Filosóficas no Brasil.** 2. ed. São Paulo: Grijaldo Ltda., 1974.

PEREIRA, Antonio Carlos; OLIVEIRA, Antonio José Silva. A Evolução da Física no Maranhão: de 1969 a 1998. In: CEUMA Perspectivas: ciência do/no Maranhão. São Luís (MA): UNICEUMA, ano 3, vol. 2, fev., 1999.

PEREIRA, R.A. **Extinção da FAPEMA: o discurso do jornal O Estado do Maranhão sobre a política científica do Governo do estado do Maranhão – Período: 1994-1998.** Monografia. Universidade Federal do Maranhão. São Luís – MA, 2003. 70p.

PILETTI, Claudino. **Didática Geral.** São Paulo: Ática, 1997.

REGO, Teresa Cristina. **Vygotsky: uma perspectiva histórico-cultural da educação.** Rio de Janeiro (RJ): Vozes, 7 ed., 1995.

SALDANHA, L.M.L. **A instrução pública maranhense na primeira década republicana: (1889-1899).** Dissertação (Mestrado em Educação), Universidade Federal do Maranhão, São Luís-MA, 1992. 229p.

SCHUCH, Luiz Alexandre. **O Brasil na Antártica: uma metodologia educativa.** Santa Maria (RS): L.A. Schuch, 1997.

WAMBURGUER, E. W. **Educação para a Ciência: curso para treinamento em centros e museus de ciência.** São Paulo: Livraria de física, 2001.

## ***O USO DE FERRAMENTAS TECNOLÓGICAS DIGITAIS NO ENSINO PRESENCIAL: contribuições para o processo ensino-aprendizagem***

Prof. Dr. Othon Bastos Filho<sup>2</sup>  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Joína Alves Bomfim<sup>3</sup>  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Teodora Torres<sup>4</sup>

**RESUMO:** Este artigo tem como tema o uso de ferramentas tecnológicas digitais como recursos didáticos no contexto das aulas presenciais, conforme proposta desenvolvida no âmbito do processo de formação continuada de professores/as da instituição pesquisada. O objetivo geral do estudo foi analisar as contribuições do uso de ferramentas tecnológicas digitais para o processo ensino aprendizagem no ensino presencial. O objeto de conhecimento da formação continuada foram as ferramentas do *Office 365*, notadamente *Sway e Forms*. Quanto à metodologia, consiste em um estudo de caso, desenvolvido em uma universidade particular, localizada em São Luís-MA, durante a formação continuada em serviço de professores. A pesquisa teve fins exploratórios e abordagem qualitativa, com uso de métodos quantitativos. O estudo envolveu 20 professores (as) que compuseram a primeira turma da formação em tecnologias digitais da instituição, no ano de 2018. Como instrumento da coleta de dados, foi utilizado um questionário on-line, pelo aplicativo *Forms*, com perguntas abertas e roteiro para elaboração de relatório de aula experimental, em que ocorreu o uso das ferramentas tecnológicas digitais como recursos-didáticos. Os resultados validam as hipóteses levantadas de que o uso de recursos tecnológicos repercute favoravelmente na qualidade das aulas e no processo ensino-aprendizagem. O estudo conclui que a experiência desenvolvida é válida e deve-se constituir foco das formações continuadas de professores/as para que insiram com efetiva propriedade o mundo digital na sala de aula.

**Palavras-chave:** Ensino-aprendizagem; formação continuada; tecnologias digitais; recursos didáticos.

---

2 Doutor Informática na Educação pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Mestre em Engenharia de Eletricidade pela Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Graduado em Administração de Empresas pelo Centro Universitário do Maranhão – UNICEUMA. Professor Associado I do departamento de Medicina I da Universidade Federal do Maranhão – UFMA. Coordenador do Núcleo de Tecnologia Educacional- NUTED da UNICEUMA. Membro efetivo da Academia Maranhense de Ciências – AMC. E-mail: [Othon.bastos@ceuma.br](mailto:Othon.bastos@ceuma.br).

3 Doutora em Educação pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias (LUSÓFONA), Mestre em Educação pela UFMA, Especialista em Língua Portuguesa pela PUC-MG, Graduada em Letras pela Universidade Estadual do Maranhão (UEMA). Assessora Pedagógica Diretoria Acadêmica do Grupo Ceuma (DAC). E-mail: [joina.bomfim@hotmail.com](mailto:joina.bomfim@hotmail.com)

4 Doutora em Educação pela Universidade Lusófona de Humanidades e Tecnologias (LUSÓFONA), Mestre em Desenvolvimento Socioespacial e Regional e Espacial pela UEMA. Especialista em Docência do Ensino Superior pela Universidade Estácio de Sá/faculdade Laboro. Bacharel em Serviço Social. Assessora Pedagógica da Diretoria Acadêmica do Grupo Ceuma (DAC). E-mail: [torresteo@hotmail.com](mailto:torresteo@hotmail.com).

## **ABSTRACT**

**ABSTRACT :** This article has as its theme the use of digital technological tools as didactic resources in the context of face-to-face classes, according to a proposal developed within the scope of the continuing education process of teachers of the researched institution. The general objective of the study was to analyze the contributions of the use of digital technological tools to the teaching-learning process in classroom teaching. The object of knowledge of continuing education was the Office 365 tools, notably Sway and Forms. As for the methodology, it consists of a case study, developed in a private university, located in São Luís-MA, during the continuing in-service training of teachers. The research had exploratory purposes and a qualitative approach, using quantitative methods. The study involved 20 teachers who made up the first class of training in digital technologies at the institution. As an instrument of data collection, an online questionnaire was used, through the Forms application, with open questions and a script for preparing an experimental class report, in which digital technological tools were used as didactic resources. The results validate the hypotheses raised that the use of technological resources has a positive impact on the quality of classes and on the teaching-learning process. The study concludes that the experience developed is valid and should be the focus of continuing education for teachers so that they can effectively insert the digital world in the classroom.

**Keywords:** Continuing education; didactic resources; digital technologies; teaching-learning.

## 1 INTRODUÇÃO

Novas formas de aprendizagem adentram o cenário de escolas e universidades. As pedagogias ditas tradicionais vêm cedendo espaço a novas articulações do currículo que implicam, sobretudo, o uso de metodologias em que o (a) aluno (a) assume o papel de protagonista de sua própria aprendizagem, ao mesmo tempo em que as aulas incorporam novas tecnologias em um mundo cada vez mais digitalizado e no qual a socialização do conhecimento ganha celeridade em proporções nunca dantes vistas.

Em face de tais questões, os/as professores/as buscam ressignificar suas práticas pedagógicas e desenvolver experiências inovadoras em suas salas de aula. Às aulas expositivas, vão se acrescentando outras metodologias, com vistas a acompanhar e/ou se adiantar aos avanços científicos e tecnológicos que hoje permeiam a vida cotidiana.

Esta pesquisa foi realizada em uma universidade particular, localizada em São Luís-MA, que desenvolve um programa de formação continuada em serviço aos professores/as, tendo em vistas subsidiar e instrumentalizar a inovação das práticas pedagógicas sob a supervisão e o acompanhamento da Assessoria Pedagógica da Diretoria Acadêmica (APDAC).

Nesse caso, o aprendizado do uso de ferramentas tecnológica digitais respondeu às constantes reivindicações dos Núcleos Docentes Estruturantes (NDEs), representando o conjunto de professores/as dos cursos ofertados pela instituição, no sentido de direcionar a formação continuada para o uso dessas ferramentas, como recursos didáticos, com vistas a elevar a qualidade das aulas e aproximá-las mais da realidade digital que permeia toda a vida em sociedade hoje. Essa reivindicação reiterada do corpo docente à universidade respaldava-se na alegação de que haveria aumento de potencialidades tanto da aprendizagem, quanto do ensino, à medida que, no âmbito da formação continuada, fossem compartilhadas as experiências da aplicação em sala de aula.

A primeira formação continuada com esta temática que ora se relata teve como objeto de conhecimento o *Office 365<sup>5</sup>*, *Sway e Forms*. A escolha desse objeto teve como objetivo inserir os (as) no contexto das mídias digitais como ferramentas que diversificam os recursos didático-tecnológicos digitais que podem propiciar a elevação da qualidade das aulas e, conseqüentemente, repercutir favoravelmente na aprendizagem dos alunos.

Considera-se que a temática é relevante, uma vez que o mundo está cada vez mais imerso na cultura digital, da qual emergem e se instituem novas práticas de comunicação, o que demanda das instituições educacionais maior empenho em preparar os professores para atender às demandas advindas deste contexto.

O estudo organiza-se a partir da introdução, fundamentação teórica, metodologia e contexto do estudo, resultados e discussões e, por fim, as considerações finais, nas quais apontam-se os principais pontos do estudo, tanto no que diz respeito às contribuições quanto às sugestões para a formação continuada nesta temática.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Nesta seção, fundamenta-se o uso de ferramentas tecnológicas digitais como recursos didático-tecnológicos, no contexto do ensino presencial. Isso porque as tecnologias digitais, há muito tempo,

---

5 O *Office 365* consiste em um conjunto de ferramentas digitais que podem ser obtidas mediante assinatura e podem servir de recursos os mais diversos como *Sway, Forms, Sharepoint* etc.

já são utilizadas como ferramentas e recursos didático-tecnológicos da Educação a Distância (EAD), e têm contribuído de forma significativa para elevar a aprendizagem dos (as) alunos (as) e, por isso mesmo, vêm sendo cada vez mais incorporadas aos cursos na modalidade presencial, uma vez que

O cenário atual das tecnologias digitais da informação e comunicação (TDIC), segundo Coll e Monereo (2010), institui novas práticas sócio-comunicacionais que desafiam práticas pedagógicas, a formação inicial de futuros profissionais, de professores da educação básica e a formação continuada de professores universitários, demandando novas abordagens e métodos de ensino para se manter a motivação do aluno, além de oferecer possibilidades de professores e alunos serem autores de conhecimentos e divulgadores de suas produções em novos ambientes de aprendizagem na internet. (ALVES, 2018, p. 2)

Constata-se, inclusive, que, no âmbito das metodologias inovadoras, essas tecnologias digitais exercem relevante papel em caso de aulas invertidas. Conforme Valente (2014) *apud Schneiders* (2018), essa metodologia consiste na inversão das ações que ocorrem em sala de aula e fora dela. Especificamente, a aula invertida requer o acesso antecipado dos alunos ao material de estudo que deve ser disponibilizado previamente para que possam ler e compreender o objeto de conhecimento que subsidiará as discussões durante a aula. Neste caso o aluno assume o protagonismo do seu aprendizado, tendo o(a) professor(a) como mediador nesse processo. Ademais,

Na interação professor/aluno, a multiplicidade de vozes que aparecem no diálogo estabelecido, propicia ao professor desenvolver a capacidade de o aluno refletir, argumentar e defender seu ponto de vista acerca de todos os fenômenos sociais que o cercam. Permite que sejam compartilhados pontos-de-vista diversos a partir da troca de experiências de cada um. (VERCEZE, 2016, p.1-17)

Nessa perspectiva, conforme Valente (2014), os alunos são incentivados à participação tanto em aulas *on-line* quanto presenciais, o que requer material altamente estruturado e planejado. Afirma, ainda, que as tecnologias digitais, embora não tenham promovido mudanças substanciais na sala de aula, elas provocaram transformações profundas na EAD. Aqui consiste, portanto, um dos desafios deste estudo quanto à identificação e análise das contribuições destas tecnologias no contexto das aulas presenciais.

Entre outras orientações aos professores, apresentou-se a Metodologia *Team Based Learn* (TBL), como foco de inserção do uso das ferramentas tecnológicas digitais. Esta metodologia foi criada pelo professor de gestão e negócios Larry Michaelsen, no final dos anos 70, na Universidade de Oklahoma (EUA), com vistas a melhorar a aprendizagem, fazer com que os alunos se sintam responsáveis pela própria aprendizagem e pela dos colegas e desenvolver habilidades de trabalho colaborativo, por meio de uma estrutura envolvendo o gerenciamento de equipes de aprendizagem, tarefas de preparação e aplicação de conceitos, feedback constante e avaliação entre os colegas (MICHAELSEN, KNIGHT; FINK, 2004).

Ocorre, entretanto, que, para provocar mudanças na sala de aula, tais tecnologias precisam ser utilizadas pelos(as) professores(as). E para que o sejam, eles(as) precisam ter domínio quanto ao uso, inclusive porque os(as) alunos(as), em grande parte, já as dominam. Se não dominam, há de se convir que elas representam uma ferramenta atraente por serem parte da cultura digital que está presente nos mais diversos espaços da sociedade, conforme já mencionado. Entretanto, “Nos cursos superiores, vivenciam-se situações contraditórias: alunos sabem utilizar muito bem as TDIC enquanto os professores formadores não conseguem incorporá-las nas suas aulas”. (ALVES, 2018, p. 2)

Tendo em vista essa questão, a universidade pesquisada achou por bem ofertar, durante a

formação continuada, o conhecimento de ferramentas tecnológicas digitais, conjugadas à experiência prática em suas salas de aula. Essa opção, ao que se pode inferir, baseou-se no fato de que, tudo o que for desenvolvido em sala de aula, “[...] não pode acontecer sem saberes abrangentes, saberes acadêmicos, **saberes especializados e saberes oriundos da experiência**”. (PERRENOUD, 2002, p. 11, grifo nosso).

Cabe destacar, entretanto, que a maioria dos professores não foi preparada durante a formação inicial para o uso destas ferramentas. Até pouco tempo atrás, as universidades não dispunham de laboratórios em quantidade suficiente para ofertar qualquer disciplina com o uso destes recursos nem disciplinas cujo objeto fossem as chamadas tecnologias digitais. E na vida particular, muitos professores/as não dispunham de qualquer aparato tecnológico em suas casas. Mas a formação continuada em serviço, ofertada pelas instituições de ensino, veio a se constituir um meio para suprir essa lacuna, embora, na atualidade, professores/as já disponham de computadores em casa e de celulares com múltiplas funções tecnológicas. Ademais, “A formação continuada [...] é uma ação contínua e progressiva, envolve várias instâncias, e atribui uma valorização significativa para a prática docente (visto que a prática é o ponto de partida e de chegada desse processo de formação [...])” (SOUSA, p. 63)

No caso da universidade pesquisada, conforme os planos de ensino a que se teve acesso, os(as) professores(as) já vinham desenvolvendo metodologias ativas na sala de aula invertida, mas, conforme relatos deles mesmos durante a formação continuada, os(as) alunos(as), por vezes, queixavam-se do acesso aos textos. Disponibilizá-los para leitura on-line constituiu-se um facilitador para o conhecimento prévio, ficando as aulas para esclarecimento de dúvidas, aprofundamento e aplicação do conteúdo, o que as tornou mais produtivas até quanto ao tempo. Assim:

Adotar as ferramentas tecnológicas e o ensino assíncrono, que caracterizam a sala de aula invertida, com uma abordagem voltada para os alunos, para decidir o que lecionar, tende a criar um ambiente estimulante para a curiosidade. Não se precisa mais perder tempo rerepresentando conceitos já bem conhecidos, que apenas devem ser lembrados, nem usar o valioso tempo em sala de aula para transmitir novo conteúdo (BERGMANN; SAMS, 2016, p. 45).

Mais que transmitir um novo conteúdo, o momento é de re(construção) de um conhecimento acessado previamente pelo(a) aluno(a). Nesse caso, o uso de ferramentas tecnológicas é importante. Mas nem todos os (as) professores (as) tinham familiaridade ou domínio delas, o que se constatou mediante solicitações destes (as) ao setor pedagógico para que empreendesse formação continuada que lhes desse autonomia quanto ao uso dessas ferramentas e recursos tecnológicos.

### 3 METODOLOGIA E CONTEXTO DO ESTUDO

Esta pesquisa consiste em um estudo de caso realizado em uma universidade particular em São Luís-MA. Segundo Yin: O estudo de caso é uma investigação empírica que investiga um fenômeno contemporâneo (o “caso”) em profundidade e em seu contexto de mundo real[...]. neste estudo da caso foram levados em conta os cinco componentes requeridos conforme Yin (2015) que dizem respeito às questões levantadas, as proposições, aqui definidas em hipóteses, as unidades de análise, cujo *corpus* é constituído pelo conteúdo extraído de questionários e relatórios elaborados pelos sujeitos da pesquisa.

A pesquisa teve abordagem qualitativa porque “[...] trabalha com o universo dos significados, dos motivos, das aspirações [...]” (MINAYO, 2013, P. 21). Utiliza também métodos quantitativos

com vistas a complementar as interpretações dos relatos dos professores/as. Sujeito da pesquisa, que integraram a 1ª turma de formação continuada em ferramentas do *Office 365*.

O estudo tem fins exploratórios, tendo em vista, conforme Gil (2012), a formulação de problemas ou hipótese que constituam estudos posteriores. Nesse sentido, a pergunta de partida que se constituiu o problema deste estudo foi: Como o uso das tecnologias digitais, no ensino presencial, pode contribuir para o processo ensino-aprendizagem?

O estudo partiu da seguinte hipótese: O uso de ferramentas tecnológicas digitais como recurso didático no ensino presencial pode repercutir favoravelmente na qualidade das aulas e no processo de ensino e aprendizagem.

O objetivo foi analisar as contribuições do uso de ferramentas tecnológicas digitais para o processo ensino aprendizagem no ensino presencial. O aprendizado do uso dessas ferramentas ocorreu durante o processo de formação continuada em serviço, com vistas, a propiciar experiências no uso dessas tecnologias digitais em sala de aula e, nesse processo, apontar potencialidades e fragilidades detectadas durante esse aprendizado e promover a avaliação de desempenho dos alunos/as.

O estudo envolveu 20 professores/as que compuseram a primeira turma da formação em tecnologias digitais da instituição, no ano de 2018. Os/as professores/as atuam em diversos cursos e, no tocante à titulação, 2 com doutorado, 16 com mestrado e dois com especialização. Destes, apenas 2 com uma disciplina. Os demais, variam de duas até sete disciplinas. Todos realizaram aulas experimentais nos mais diversos cursos, utilizando como ferramentas as tecnologias digitais do *Office 365*, notadamente *Sway e Forms*, objetos de conhecimento da formação.

Para a coleta de dados, foram utilizados como instrumentos um questionário com perguntas abertas, por meio do aplicativo *Forms*, e um relatório de aulas experimentais ministradas pelos participantes, conforme roteiro pré-estabelecido pela assessoria pedagógica da instituição. O conteúdo destes relatórios consistiu na apresentação das fragilidades e potencialidades detectadas no processo, assim como os resultados da avaliação dos conteúdos desenvolvidos, aplicada aos alunos, o que permite constatar o desempenho e, conseqüentemente, a elevação ou não da qualidade do processo de ensino e aprendizagem.

As questões dirigidas às/aos participante foram: 1) Em quais cursos você atua? 2) Quantas turmas você possui? 3) Quantas disciplinas você ministra? 4) Quais disciplinas você ministra? Além dessas perguntas, os professores receberam um roteiro de um relatório das aulas experimentais em que utilizariam as ferramentas tecnológicas como recursos didáticos em aulas presenciais, envolvendo as seguintes dimensões:

- 1) Organização e sistematização da aula: perfil / competências / conteúdos;
- 2) Metodologia utilizada (descreva as etapas para uso da ferramenta); abertura da aula / desenvolvimento da aula / encerramento;
- 3) Avaliação da aprendizagem dos alunos: % de acertos da questão / % de erros da questão;
- 4) Autoavaliação da aplicação da metodologia; fragilidades / potencialidades / sugestões e críticas. (APDAC, 2018, s./p.).

Para a articulação teoria/prática, foram realizadas aulas experimentais por todos os participantes, nas quais foram utilizadas metodologias ativas associadas ao uso de ferramentas tecnológicas digitais como recursos didáticos, explorando a utilização do *Sway, Forms*, e outras tecnologias como veremos



a seguir. Ao final de cada aula, o/a professor/a deveria aplicar um exercício com ao menos uma questão-problema. Nesse sentido, a orientação pedagógica definia exercício e situação-problema na perspectiva de desenvolver e/ou aplicar um conceito, bem como utilizar, entre outros, técnicas, regras e equações. Após isso, cada professor/a produziu um relatório conforme apresentado.

Esses relatórios visavam subsidiar o trabalho da APDAC no que tange ao acompanhamento do processo de ensino e aprendizagem e identificar potencialidades e fragilidades na utilização das ferramentas digitais, assim como levantar dados e informações para o planejamento de novas formações e orientações aos (as) professores (as).

Segundo a APDAC, a orientação dada foi de que, em todas as aulas, independentemente da metodologia utilizada, os/as professores/as fizessem uma avaliação do conteúdo estudado com, no mínimo, uma questão-problema para mensurar a aprendizagem dos alunos e se, de fato, foi possível estabelecer a relação teoria-prática entre o conteúdo estudado pelos/as alunos/as na resolução do problema.

No que concerne a esse último aspecto, o número de questões avaliativas aplicadas pelos professores(as) não é similar em todos os relatórios de aula experimental apresentados. Tendo em vista isso, a análise desse ponto foi realizada considerando o percentual de acertos e erros dos (as) alunos (as) nas respostas às questões, apresentados nesses relatórios, organizados em ordem crescente. Por terem sido realizadas quatro atividades, considerou-se o percentual médio geral de acertos e erros de todas as turmas. Para considerar potencialidades e fragilidades, foi realizada uma síntese do total de notas obtidas pelos alunos em resposta às questões-problemas aplicadas pelos (as) professores (as) ao término da aula, relacionando-os aos conceitos: excelente, bom, regular e insuficiente, conforme estabelecido pela (APDAC):

**Tabela 1: Atribuição de conceitos aos resultados das aulas experimentais**

CONCEITO			RESULTADO
<b>Insuficiente</b>	Abaixo de 25%	Abaixo de 5,0	<b>Fragilidade</b>
<b>Regular</b>	≥ 25 % e ≤ 50%	5,00 a 7,00	
<b>Bom</b>	> 50% a ≤ 75%	7,01 a 8,99	<b>Potencialidade</b>
<b>Excelente</b>	> 75% a ≤ 100%	9,0 10,00	

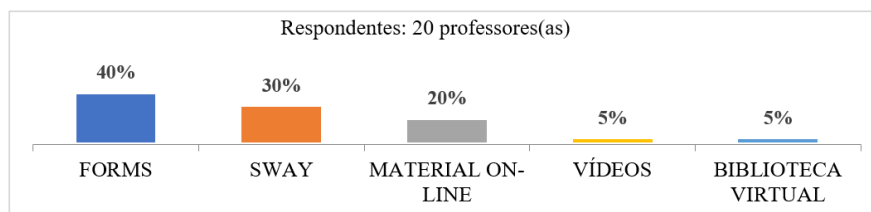
Fonte: (APDAC, 2018)

Com estas informações, focou-se a análise nos relatórios, uma vez que por meio deles se pôde ter acesso a dois pontos: ao desempenho dos (as) alunos (as) já mencionado e às potencialidades na utilização dos recursos didático-tecnológicos dentro da metodologia utilizada, ambos intrinsecamente relacionados. Ressalte-se, entretanto, que os relatórios apresentados pelos professores (as) não apresentavam as situações-problemas aplicadas por eles (as) após as aulas, somente os resultados quantitativos da aprendizagem, conforme gráfico 3, na página 9. Cada turma onde foram aplicadas as atividades, era composta em média por 50 alunos (as), que desenvolveram quatro atividades (questões-problema), uma em cada aula, no período de um mês, considerando-se que cada professor (a) ministra uma aula semanal com duração de 150 minutos.

## 2.2 Análise e Discussão dos Resultados

Por meio dos relatórios de aula experimental dos(as) professores(as), identificou-se, primeiramente, as ferramentas digitais mais utilizadas pelos professores/as como recursos didáticos, foram as representadas no gráfico abaixo.

Gráfico 1: Tipos de ferramentas tecnológicas digitais mais usadas pelos professores(as)



Fonte: (NUTED, 2018)

Posteriormente, foram analisados os depoimentos dos/as professores/as quanto à descrição da metodologia utilizada, dentre os quais se destacam:

Prof. 1: **Aula invertida utilizando o Sway e no final da apresentação aplicação do forms.** Após a coleta dos dados, foram reforçados os itens que tiveram maior dificuldade.

Prof. 9: Disponibilização prévia de 02 textos curtos (6 páginas) com uma semana de antecedência, disponibilizados na área de Apoio do Aluno; 2 – Elaboração de questionário na Plataforma Educacional da Universidade **com geração de link disponibilizados a todos os alunos.**

Prof. 12: Planejamento do conteúdo a ser abordado, bem como o perfil e as competências que deverão ser desenvolvidas com a turma. **Foi elaborado um formulário no Forms com questões introdutórias, objetivas e de múltiplas escolhas sobre conteúdo da disciplina de Estratégia Saúde da Família e disponibilizado aos alunos como ferramenta de diagnóstico sobre o conhecimento prévio sobre o objeto de conhecimento abordado. Posteriormente elaboramos um Sway com a temática voltada para organização do Sistema Único de Saúde (SUS), que também foi apresentada e discutida com os alunos.**

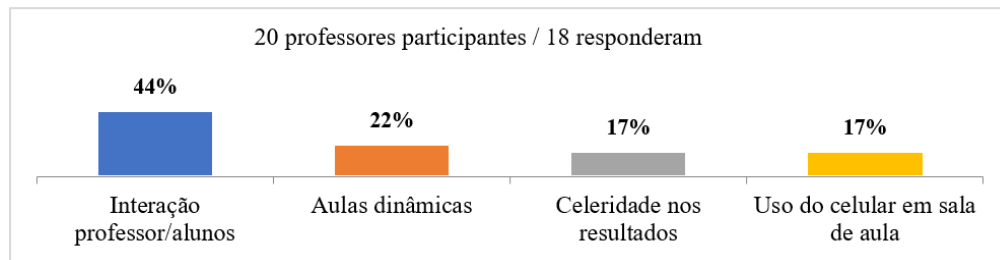
Prof. 13: Conversa sobre as Metodologias ativas uma semana antes da sua utilização. Contextualização sobre as novas possibilidades no cenário acadêmico relacionadas a inserção de recursos didáticos inovadores. Utilização dos recursos do Q R Code. E no segundo momento questionário pelo Forms e Sway. **O Sway foi a metodologia melhor comentada entre os discentes.** (Relato dos professores)

Estes registros foram corroborados por outros depoimentos orais de que os/as alunos/as ficaram mais atentos/as às aulas, tanto para dirimir as dúvidas e aprofundar os conceitos, quanto pelo material apresentado. O depoimento de que o *Sway* foi a tecnologia mais comentada entres os/as alunos/as demonstra que essa é uma forma de despertar neles o interesse.

O *forms*, especialmente, como ferramenta e apoio à metodologia *Team Based Learn* (TBL), propicia o acesso mais rápido aos resultados das questões, conseqüentemente mais tempo para discussão dos pontos frágeis e de menos compreensão da parte dos (as) alunos (as).

Considerando o uso das ferramentas digitais no âmbito desta metodologia constante na autoavaliação dos (as) professores (as) nos relatórios, emergiram como potencialidades os seguintes pontos: interação professor/alunos; aulas dinâmicas; celeridade nos resultados; e uso do celular em sala de aula.

Ao mencionarem o dinamismo das aulas, vê-se, em parte, respondida a questão de partida deste estudo, com *feedback* mais rápido tanto para professores(as) quanto para alunos(as). Isso propicia melhor diagnóstico e subsidia novas estratégias de ação para elevar a qualidade das aulas.

**Gráfico 2: Percentual de potencialidades no uso das tecnologias digitais**

Fonte: (NUTED, 2018)

A interação apresentou-se como potencialidade com maior percentual de respostas. Isso confirmou a importância do uso das tecnologias digitais pelo professor (a), uma vez que a sala de aula deve ser, por excelência, um espaço interativo em que é possível discutir a construção do conhecimento, dirimir dúvidas, formular problemas.

Para o Prof. Prof. 15:

A metodologia TBL, utilizada conjuntamente com as ferramentas do *Office 365*, acabou por dinamizar e diversificar as ações que podem ser realizadas em sala e fora de sala, potencializando as interações entre os estudantes e com o professor”. Aqui, vimos expandirem-se as possibilidades dos alunos(as) quanto à prática de ações dentro e fora da sala de aula, provavelmente em que se pode empregar o conhecimento adquirido.

Outra potencialidade que emerge das respostas diz respeito à dinamicidade das aulas. Obviamente, os (as) alunos (as) de hoje vivem imersos em uma cultura digitalizada. As tecnologias digitais permeiam todos os espaços de convivências deles(as). Assim, o uso do celular em sala de aula também se constitui potencialidade. Os recursos podem ser acessados no próprio celular dos alunos, o que torna as aulas mais atrativas e também desmistifica o uso desse aparelho na sala.

Quanto à celeridade dos resultados, essa é também uma potencialidade muito importante. Os professores que utilizaram o *Forms* para apurar os resultados relatam ter sido uma economia de tempo, dado o *feedback* imediato, o que agilizou as discussões. De qualquer modo, independentemente da metodologia ativa utilizada, os resultados das questões avaliativas são bem mais rápidos, principalmente em questões de múltipla-escolha.

Prof. 1: Celeridade na aprendizagem autoaprendizagem e autonomia de conhecimento

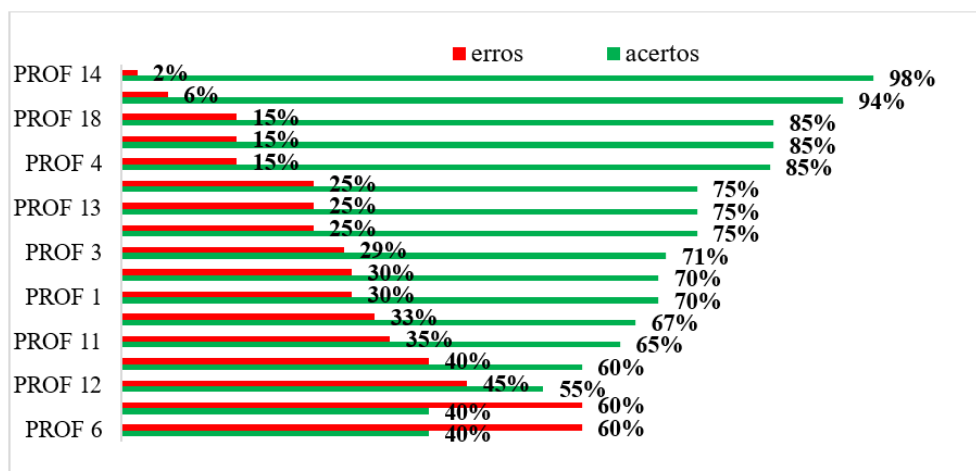
Prof. 2: Tabulação rápida de resultados com geração de gráficos, facilitando a análise e proporcionando retorno rápido aos alunos.

Prof. 3: Celeridade na tabulação de resultados; Uso sincronizado de ferramentas para soluções de algumas limitações observadas na sala de aula.

Prof. 4. Agilidade no resultado.

Prof. 5. Correção automática. (Relato dos professores)

No que tange ao desempenho dos/as alunos/as, aferido mediante as questões-problema avaliativas aplicadas ao final das aulas, os resultados foram apresentados por 17 professores/as dos vinte pesquisados/as:

**Gráfico 3: Percentual médio de acertos e erros nas questões aplicadas**

Fonte: (NUTED, 2018)

No geral, o percentual médio de todas as turmas em acertos correspondeu a 71% /, enquanto o de erros foi de 29%. Esses resultados confirmam a hipótese de que o uso de ferramentas e recursos tecnológicos em sala de aula pode repercutir favoravelmente na qualidade das aulas e no processo de ensino e aprendizagem, uma vez que o número de acertos é 42% superior ao de erros, o que se constitui um bom diagnóstico que pode ser elevado à medida que se tornem prática cada vez mais constante.

Considerando os valores atribuídos aos conceitos Bom e Excelente pela APDAC, constatou-se que 88% dos resultados confirmam potencialidades, o traduz um resultado favorável no processo de ensino e aprendizagem, o que valida a hipótese levantada neste estudo.

Quanto a fragilidades, apenas o *Wifi* foi destacado por 100% dos (as) respondentes como responsável por inviabilizar o uso das tecnologias algumas vezes. No entanto, a universidade pesquisada, possui 8 laboratórios com cerca de 25 computadores em cada um deles. Também há infraestrutura de rede da própria Universidade.

### 3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A educação, em plena chamada era digital, enfrenta velhos e novos desafios. O foco que antes recaía sobre o ensino, repousa hoje sobre a aprendizagem. Um novo paradigma vai-se afirmando, o que implica novas práticas e um novo tipo de formação de docentes. Conjugado o aprendizado de novas tecnologias ao processo de formação continuada em serviço se constituiu uma boa resposta a essa questão na instituição pesquisada.

O aprendizado do uso de ferramentas tecnológicas digitais por formação continuada revelou-se um importante meio no sentido de fundamentar, instrumentalizar e ressignificar as práticas pedagógicas dos (as) professores (as), na medida em que, não só diversificam o uso de recursos didáticos no ensino presencial, mas contribuem para formar um perfil docente mais contemporâneo e mais capaz de atrair a atenção dos alunos/as.

Quanto às contribuições, o aprendizado do uso das ferramentas tecnológicas digitais contribuiu favoravelmente para elevar a qualidade das aulas e no processo de ensino e aprendizagem, conforme o atestam os resultados, sendo, portanto, um recurso didático que enriquece o ensino na modalidade

presencial.

Ademais, os índices de desempenho demonstrados pelos/as alunos/as nas avaliações com questões-problema ao final das aulas também confirmam isso e demonstram que se constituem um recurso para tornar essas aulas mais atrativas, interessantes porque as torna mais próximas do mundo digital que hoje compõe a cultura do mundo e permeia todos os espaços interativos.

O momento agora é propício para que o/a aluno/a assuma o protagonismo de sua aprendizagem, mediado por esse professor, cuja aulas passam a ser enriquecidas por ferramentas que já assumiram um papel fundamental na sociedade atual. E a sala de aula não pode ser dissociada dessa realidade, ao contrário, deve-se constituir uma forma de pensar essa realidade que, cada vez mais, torna-se usuária das tecnologias digitais. Espaços presenciais e espaços virtuais cada vez mais se aproximam e os múltiplos usos de recursos dessa natureza permeiam o acesso a todos esses ambientes. E alunos/as estão imersos nessa cultura desde cedo. Trazer isso para a sala de aula possibilita o que chamamos de aprendizagem significativa, uma vez que parte da experiência deles/as e permite ressignificá-la e incorporá-la à luz do conhecimento clássico.

## REFERÊNCIAS

ALVES, Dayanny C. L. O uso de tecnologias na sala de aula: percepção dos professores. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE EDUCAÇÃO E TECNOLOGIAS / ENCONTRO DE PESQUISADORES A DISTÂNCIA. **Anais (...)**, 2018. Disponível em: <file:///C:/Users/User/Downloads/246-16-3671-1-10-20180521.pdf>. Acesso em: 12 jan. 2022.

BELLONI, M. L.; GOMES, N. G. (2008). Infância, mídias e aprendizagem: autodidaxia e colaboração. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 29, n. 104 - Especial, p. 717-746, out. 2008. Disponível em: <http://www.cedes.unicamp.br>. Acesso em: 15 out. 2021.

BERGMANN, J.; SAMS, A. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas da pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MICHAELSEN, L. K.; KNIGHT, A. B.; FINK, L. D. **Team-Based Learning: a transformative use of small groups in college teaching**. Sterling, VA: Stylus Publishing, LLC, 2004.

MINAYO, Maria Cecília de Souza. O desafio da pesquisa social. In: MINAYO, Maria Cecília de Souza; DESLANDES, Suely Ferreira; GOMES, Romeu (Orgs.). **Pesquisa social: teoria, método e criatividade**. Petrópolis: Vozes, 2013.

PERRENOUD, Philippe. **A prática reflexiva no ofício de professor: profissionalização e razão pedagógica**. Porto Alegre: Artmed, 2002.

SCHENEIDERS, Luís Antônio **O método da sala de aula invertida (flipped classroom)**. Lajeado: Univates, 2018.

[VALENTE, José Armando](#). Blended learning e as mudanças no ensino superior: a proposta da sala de aula invertida. **Educ. rev. [online]**, n. p.79-97, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/er/nspe4/0101-4358-er-esp-04-00079.pdf>. Acesso em: 7 dez. 2018.

VERCEZE, Rosa Maria Nechi. A interação professor/aluno na sala de aula. **Cadernos do CNLF**, Rio de Janeiro, v. XII, n. 6, p. 26-39, 2008.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

## **CHEMICAL PROFILE AND BIOLOGICAL EFFECT OF OIL-IN-WATER NANOEMULSIONS (O/A) INCORPORATED WITH ESSENTIAL OILS**

### **Authors:**

Gustavo Oliveira Everton<sup>1\*</sup>, Ana Patrícia Matos Pereira<sup>2</sup>, Maria Giulia Alves Carneiro Felizardo<sup>3</sup>, Thaylanna Pinto de Lima<sup>4</sup>, Joao Pedro Mesquita Oliveira<sup>5</sup>, Cassiano Vasques<sup>6</sup> e Victor Elias Mouchrek Filho<sup>7</sup>.

**\*Author for correspondence:** [gustavooliveiraeverton@gmail.com](mailto:gustavooliveiraeverton@gmail.com)

**Affiliation:** 1-7Laboratory of Research and Application of Essential Oils (LEOPAV/UFMA); Federal University of Maranhão (UFMA); Laboratório de Pesquisa e Aplicação de Óleos Essenciais (LOEPAV/UFMA); Universidade Federal do Maranhão (UFMA).

### **ABSTRACT:**

**Context:** The application of essential oils becomes restricted due to some characteristics, such as their volatility and lipophilicity, so encapsulation means that guarantee protection to these compounds. **Aims:** Evaluate the chemical profile and the biological antimicrobial, larvicidal and molluscicidal effects of oil-in-water nanoemulsions incorporated with the essential oils of *Hymenaea courbaril* and *Syzygium cumini*. **Material and Methods:** The essential oils of *H. courbaril* and *S. cumini* were extracted by hydrodistillation and analyzed by Gas Chromatography coupled to Mass Spectrometry. Nanoemulsions were obtained by the phase inversion method and incorporated with the essential oils obtained. To evaluate antimicrobial activity, the methods of disk diffusion and dilution in broth were used. The toxicity of nanoemulsions against *Aedes aegypti* larvae and adult molluscs *Biomphalaria glabrata* was evaluated. Statistical analysis used: Probit. **Results:** Efficient action of nanoemulsions was observed against all bacterial strains tested, larvae of *Aedes aegypti* and *Biomphalaria glabarata* snails. Furthermore, atoxicity with thermodynamic stability was observed in nanoemulsions. **Conclusions:** The nanoemulsions showed efficient activity against the microorganisms and organisms tested, showing to be an alternative to the market in the control and combat of pathogens.

**Key-words:** essential oil; nanoemulsion; biological.

### **INTRODUCTION**

Medicinal plants are part of human history, being considered the first therapeutic resources enjoyed by people. This search for medicinal plant species is based on their curative properties [1] and use for therapeutic purposes by traditional communities, which take advantage of the benefits and phytotherapies of using different vegetables under conditions of adequate collection, storage, preparation, treatment time and form of use [2]. Thus, empirical knowledge continues to contribute to the discovery of new plants and the development of natural products, through studies of their chemical compounds, which prove their effectiveness [3].

Over the years, the main problem that justifies the importance of searching for the biotechnological potentials of natural products is antimicrobial resistance, since in the public health sectors there is an increase in mortality and morbidity, causing the reappearance of infectious diseases. In addition, microorganism mutations mainly affect the most vulnerable populations, increasing the difficulty in their control [4]. Given this, natural products that have activities with greater potential are of great importance in contributing to both the academic and economic sectors, with the ability to be biologically viable and as safe as the standard drugs available on the market [5].

Among the bioproducts that stand out are essential oils - secondary metabolic substances present in several plant organs. These have complex substances that ensure the survival of plants by protecting them from microorganisms [6]. Widely used in the pharmaceutical, cosmetic and food industries, due to their biological potentials in the control and combat of pathogenic microorganisms [7].

Among the essential oils that have little studied biological potentials, *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* and *Syzygium cumini* (L.) Skeels. *H. courbaril* is known as jatobá, a legume in abundance in Brazilian forests found from North to South, rich in bioactive substances such as terpenoids (essential oil) [8,9]. The essential oil of *H. courbaril* has been described for demonstrating potential larvicides, bactericides, fungicides, insecticides and antiparasites, as well as being prominent in the pharmaceutical, food and cosmetic industry [10, 11].

*S. cumini*, known as jabolão, black plum or jamelão, is a fruit typically from India, found in several regions of Brazil, as it is a tropical species. The fruit tastes sour, with a large seed inside, similar to a black olive [12]. Studies describe that its leaves, peels, fruits, seeds and essential oils have relevant antioxidant action and high antimicrobial potential [13].

The application of essential oils becomes restricted due to some characteristics, such as their volatility and lipophilicity, so encapsulation means that guarantee protection to these compounds are a viable alternative to improve their biological activities, maintain stability and improve the dispersion of essential oils [14]. One of the methods to enhance the antimicrobial activities of essential oils rich in bioactive compounds, is through nanotechnology, with the emulsification of essential oils, since this technology maintains the stability of the compounds [15].

Nanoemulsions are emulsions with a particle size between 20 and 100 nm, composed of two phases that do not mix together linked to a surfactant, in the formulation oil in water [16]. They can be processed in various dosage forms. They have greater solubilization capacity than simple micellar dispersions, greater kinetic stability than coarse emulsions and have found use in the cosmetics industry [17] and pesticides [18] as an aqueous base for organic products.

Its long-term physical stability is a direct consequence of the small droplet size, which undermines conventional destabilization phenomena such as creaminess, sedimentation and coalescence. They have been used to solubilize and protect drugs against aggressive environmental factors (oxidation, pH, hydrolysis) [19]. Thus, the relevance of new methods that guarantee the greatest biological effect of medicinal plants is emphasized.

Thus, this study aimed to evaluate the chemical profile and the biological antimicrobial, larvicidal and molluscicidal effects of oil-in-water nanoemulsions incorporated with the essential oils of *H. courbaril* and *S. cumini*.

## **Material and Methods**

### **Collection of plant material**

The peels of the fruit of *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* (voucher 1069) and leaves of *Syzygium cumini* (L.) Skeels (voucher 1079) were collected from October to December 2019. They were identified by the Herbarium of the Federal University of Maranhão. After collection, the plant species were transported to the Research and Application Laboratory for Essential Oils (PCQAUFMA), where they were submitted to a convective air-drying oven at 45 °C for 24 hours,



and later, crushed in a knife mill.

### Obtaining essential oil

For the extraction of essential oils, the hydrodistillation technique was used with a Clevenger glass extractor coupled to a round bottom flask wrapped in an electric blanket as a heat generating source. Hydrodistillation was carried out at 100 ° C for 3 hours, collecting the extracted essential oil.

### Analysis of chemical constituents

The constituents of essential oils were identified by gas chromatography coupled with mass spectrometry (CG-EM). 1.0 mg of the sample was dissolved in 1000 µL of dichloromethane (purity 99.9%). To identify the compounds in the sample, the AMDIS program (Automated Mass spectral Deconvolution Mass & Identification System) was used.

### Preparation of nanoemulsions

The preparation of the nanoemulsions was carried out according to the adapted methodologies described by [20] and [21].

The oil-in-water nanoemulsion was formulated with the essential oil obtained, non-ionic surfactant (Tween 20) and water and can be seen in Table 1.

**Table 1.** Nanoemulsion formulations for essential oils of *Hymenaea courbaril* (HC) and *Syzygium cumini* (SC)

ID	Essential oil	Tween 20	H2O
NEOSC1	2.5%	2.5%	95.0%
NEOSC2	2.5%	5.0%	92.5%
NEOSC3	2.5%	7.5%	90.0%
NEOHC1	2.5%	2.5%	95.0%
NEOHC2	2.5%	5.0%	92.5%
NEOHC3	2.5%	7.5%	90.0%

**Note:** NEOSC (Nanoemulsion oil-in-water (O / W) incorporated with *Syzygium cumini* essential oil); NEOHC (Nanoemulsion oil-in-water (O / W) incorporated with essential oil of *Hymenaea courbaril*).

The required quantities of each constituent of the oil phase (oil + Tween20) were heated to 65 ± 5 ° C. The aqueous phase was heated separately to 65 ± 5 ° C, added gently and mixed with the oil phase, providing a primary formulation, by the phase inversion method. Final homogenization was achieved using a magnetic stirrer, in which the formulation remained in constant agitation at 6000 rpm, until the temperature was reduced to 25 ° C ± 2 ° C. To prove the stability, the formulated nanoemulsion was subjected to different stress tests according to the methodology described by [22].

### **Standardization of the microbial inoculum for sensitivity tests**

Strains of bacteria were used: from *Escherichia coli* (ATCC ® 25922 <sup>TM</sup>) and *Staphylococcus aureus* (ATCC® 25923 <sup>TM</sup>), *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC ® 15442 <sup>TM</sup>) and *Salmonella* sp. (ATCC ® 700623 <sup>TM</sup>). These were previously identified and confirmed by biochemical tests.

### **Disc Diffusion Method**

Antimicrobial activity was performed according to the CLSI disk diffusion technique [23] that standardizes antimicrobial susceptibility testing, using standardized suspensions of microorganisms distributed in plates containing Mueller Hinton Agar (AMH) culture medium plus disks containing 20 µL of the nanoemulsions. As a positive control, Gentamicin (30 µg) was used. The plates were incubated in a bacteriological oven at 35 ° C / 24 h. The diameters of the inhibition halos were measured, including the diameter of the disk. These tests were done in triplicate.

### **Minimum Inhibitory and Bactericidal Concentration**

To determine the Minimum Inhibitory Concentration (MIC), the broth dilution technique was used. With serial dilutions of the nanoemulsions in Mueller Hinton Broth (MH), resulting in concentrations of 1000-5 µg mL<sup>-1</sup>, performing sterility controls and incubating at 35 °C for 24 hours. After the incubation period, the minimum inhibitory concentration of the oil and extract was verified, being defined as the lowest concentration that visibly inhibited bacterial growth (absence of visible turbidity). Tests performed in triplicate. The Minimum Bactericidal Concentration (CBM) was measured from the inoculation of 10 µL of the tubes resulting from the dilution in Broth Mueller Hinton, performed a plate count after 24h,

### **Larvicidal essay**

The eggs were collected at the Federal University of Maranhão in São Luís / MA, through traps called ovitrampas. Initially, the eggs of *Aedes aegypti* were placed to hatch at room temperature in a circular glass aquarium containing mineral water, subsequently identified and fed.

The tests for larvicidal activity were carried out according to the adapted methodology proposed by [24]. Five dilutions of nanoemulsions were prepared from this solution at concentrations 10-100 mg L<sup>-1</sup>. At each concentration, 10 larvae were added in the proportion 1 mL / larva.

All tests were performed in triplicates and as negative control was used a solution formed of DMSO 2%, and as a positive control, a solution of temephos at 100 ppm, equivalent to the concentration used by the national health foundation (Funasa) for the larvicidal control of the vector, in addition to Novaluron at 0.02 mg L<sup>-1</sup>, the dose adopted by the Ministry of Health, which indicates by the WHO in the range of 0.01 to 0.05 mg L<sup>-1</sup>. After 24 hours, the live and dead were found, and larvae that did not react to the touch after 24 hours of the beginning of the experiment were considered dead. To quantify the efficiency of the nanoemulsion, the Statistical Test of Probit [25] was applied.

### Molluscicide effect

For the evaluation of molluscicide activity, the technique recommended by the [26] was used, where two tests were performed in triplicate. In the first, called a pilot test, a nanoemulsion under study was prepared in a volume of 500 mL at a concentration of 100 mg. L<sup>-1</sup>, where 10 adult snails were placed, negative for *Schistosoma mansoni*, obtaining at the end a ratio of 50 mL / snail and feeding them with hydroponic lettuce.

They were exposed in the solution for 24 h, at room temperature, removed from the solution, washed twice with dechlorinated water, placed in a glass container containing 500 mL of dechlorinated water, feeding them with hydroponic lettuce and observed to every 24 hours for 4 days to assess mortality.

In the second test, called lethal concentration (LC50), solutions of each oil were prepared in a volume of 500 mL at concentrations 100–10 mg L<sup>-1</sup>, using the same methodology of the pilot test. For the negative control, two tests were also used, in the first we placed 500 mL of dechlorinated water and 10 snails in a glass container and in the second 10 snails immersed in a solution with 0.15 mL of Tween 80 in 500 mL of distilled water, feeding both with hydroponic lettuce and the analysis also performed in the previous tests.

The lethal concentration LC90 of the bioassay was determined by linear regression, obtaining the concentration versus mortality ratio of molluscs [27]. Mortality rates were obtained by averaging dead individuals as a function of the logarithm of the tested dose. The statistical analysis of the data for the LC50 was performed according to the [25].

## RESULTS:

### Chemical constituents

Table 1 shows the chemical constituents obtained in the sample of the essential oil *H. courbaril*. 25 constituents were identified and the majority were: aaaa

**Table 1.** Chemical constituents in the essential oil of *Hymenaea courbaril*

RT (min)	Constituents	%	RT (min)	Constituents	%
6,697	(E) -2-hexenal	0.90	11,745	<u><math>\alpha</math>-pinene epoxide</u>	0.36
6,760	(Z) -hex-3-en-1-ol	0.44	11,958	$\delta$ -careno	0.56
8,823	<u><math>\alpha</math>-pinene</u>	12.33	12,122	<u><math>\alpha</math>-pinene oxide</u>	0.26
9,196	<u>camphene</u>	4.31	12,207	<u>linalool</u>	0.25
9,843	<u><math>\beta</math>-pinene</u>	11.79	12,576	2-phencanol	0.14
10,118	<u><math>\beta</math>-mycrene</u>	11.38	12,706	1-noneno-3-ino	0.20
10,427	(E) 3-hexen-1-ol	0.08	12,875	<u>oxirane</u>	0.17
10,816	<u>ocimene</u>	3.36	13,201	<u>camphenylanol</u>	0.15
10,925	<u>d-limonene</u>	13.51	13,596	p-ment-1-en-4-ol	0.16
10,976	<u>eucalyptus</u>	0.20	13,826	$\alpha$ -terpineol	1.56
11,085	<u><math>\beta</math>-ocimene</u>	23.33	14,173	<u>phenyl acetate</u>	0.48
11,261	<u><math>\beta</math>-cis-ocimene</u>	10.59	15,179	<u>borneol</u>	0.63
11,466	<u><math>\gamma</math>-terpinene</u>	0.20			

Table 2 shows the chemical constituents obtained in the sample of the essential oil of *S. cumini*. 28 constituents were identified and the majority were:aa

**Table 2.** Chemical constituents in *Syzygium cumini* essential oil

RT (min)	Constituents	%	RT (min)	Constituents	%
	1- (1-methyl-2-				
7.523	cyclopenten-1-yl) - <u>ethanone</u>	0.28	17.489	<u>isogermacrene D</u>	0.22
8,798	<u><math>\beta</math>-pinene dimer</u>	9.61	17,591	<u><math>\alpha</math>-humulene</u>	2.62
9,817	<u><math>\alpha</math>-sabinene</u>	0.33	17.805	<u><math>\gamma</math>-cadinene</u>	8.28
10,896	<u>d-Limonene</u>	0.29	17,860	<u>naphthalene</u> (isomer)	1.44
15.910	p-ment-3-ene	1.50	17,913	<u>naphthalene</u> (isomer)	17.37
16,079	<u><math>\alpha</math>-cubebeno</u>	1.50	18,029	<u>Viridiflorene</u>	3.79
16,411	<u><math>\alpha</math>-copaeno</u>	1.07	18,080	<u>longifolene (V4)</u>	11.65
16,500	<u><math>\beta</math>-copaene</u>	3.21	18,298	<u>(+) - <math>\delta</math>-cadinene</u>	2.79
16,665	guaia-10 (14), 11- diene	3.44	18,339	<u>(+) - <math>\delta</math>-cadinene</u> (isomer)	2.41
16,913	4-aromadendrene	0.70	18,394	<u>calamenene</u>	0.59
17,120	<u>Isocariophylene</u>	18.01	18,810	Nerolidol	0.54
17,240	<u>sesquiterpene</u>	1.68	18,901	<u><math>\gamma</math>-elemene</u>	1.78
17,285	<u><math>\alpha</math>-guaiene</u>	0.49	19,110	<u>diethyl phthalate</u>	2.35
17,365	<u>spatulenol</u>	1.40	19,190	<u>karyophylene oxide</u>	0.66

### Thermodynamic Stability

Table 3 is related to the results of the thermodynamic stress tests, in order to identify the nanoemulsion formulation that has stability for the antifungal action tests.

**Table 3.** Study of thermodynamic stability of nanoemulsion formulations with essential oils

Identification	SF	AQ	CG	DCG	Stability Final
NEOSC1	-	-	-	+	-
NEOSC2	-	-	-	-	+
NEOSC3	-	+	-	-	-
NEOHC1	-	-	-	+	-
NEOHC2	-	-	-	-	+
NEOHC3	-	+	-	-	-

Note: SF- phase separation or creaming at room temperature; AQ- phase separation after heating; CG- phase separation or creaming after freezing; DCG- phase separation or creaming after thawing; + positive; - negative.

According to Table 3, the NEOSC1 / NEOHC1 formulation did not become viable, since there was a phase separation after thawing, thus failing the thermodynamic stability test. NEOSC3 / NEOHC3, suffered a phase separation shortly after heating, thus becoming unstable. However, the NEOSC2 / NEOHC3 formulation, remained stable throughout the thermodynamic stress test, and thus proving to be viable for antifungal action tests.

### Antimicrobial In Vitro Activity

The results obtained for the antimicrobial activity performed against the bacteria *E. coli*, *S. aureus*, *P. aeruginosa*, *Salmonella* sp., *B. cereus* and *P. mirabilis* for the nanoemulsions incorporated with the essential oils of *H. courbaril* and *S. cumini* are shown in Table 4.

**Table 4.** Sensitivity of microbial strains to the action of stable nanoemulsions against the tested microorganisms

Species	NEOHC2			NEOSC2		
	DHI mm	CIM µg mL <sup>-1</sup> <sub>1</sub>	CBM µg mL <sup>-1</sup>	DHI mm	CIM µg mL <sup>-1</sup> <sub>1</sub>	CBM µg mL <sup>-1</sup>
<i>E. coli</i>	22 *	180	460	18 *	200	550
<i>S. aureus</i>	34 *	160	420	34 *	130	370
<i>P. aeruginosa</i>	12 *	760	1210	11 *	470	900
<i>Salmonella</i> sp.	13 *	475	840	15 *	330	700
<i>B. cereus</i>	17 *	445	500	24 *	150	740
<i>P. mirabilis</i>	12 *	405	850	13 *	320	720

Note: DHI- average diameters of the inhibition halos (mm); MIC - minimum inhibitory concentration (µg mL<sup>-1</sup>); CBM- minimum bactericidal concentration (µg mL<sup>-1</sup>); \* average results.

### Larvicide Effect

The results obtained for the larvicidal activity performed against *Aedes aegypti* for the nanoemulsions incorporated with the essential oils of *H. courbaril* and *S. cumini* are shown in Table 5.

**Table 5.** Mortality *Aedes aegypti* for action of NEOHC2 and NEOSC2 nanoemulsion after 24h

	Log C	% Mortality	CL <sub>50</sub> mg L <sup>-1</sup>	CL <sub>90</sub> mg L <sup>-1</sup>	χ <sup>2</sup>	σ	R <sup>2</sup>
NEOHC2	1.00	33.3					
	1.30	53.3					
	1.48	70.0					
	1.70	73.3					
	1.78	80.0	17.95	31.67	1,000	0.562	0.967
	1.85	83.3	(12.12-26.58)	(25.84-40.30)			
	1.95	90.0					
	2.00	93.3					
	2.08	100.0					
NEOSC2	1.00	10.0					
	1.30	30.0					
	1.48	40.0					
	1.70	50.0					
	1.78	50.0	39.45	62.11	0.999	0.431	0.885
	1.85	70.0	(30.44- 40.30)	(56.14- 80.90)			
	1.95	80.0					
	2.00	93.3					
	2.08	100.0					

**Moluscicide Effect**

The results obtained for the molluscicidal activity carried out *Biomphalaria glabrata* for nanoemulsions incorporated with the essential oils of *H. courbaril* and *S. cumini* are shown in Table 6.

**Table 6.** *Biomphalaria glabrata* mortality for action of NEOHC2 and NEOSC2 nanoemulsion after 24h

	Log	%	CL <sub>50</sub>	CL <sub>90</sub>	$\chi^2$	$\sigma$	R <sup>2</sup>
	C	<u>Mortality</u>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>			
NEOHC2	1.00	15.0					
	1.30	30.0					
	1.48	40.0					
	1.70	50.0	<b>38.68</b>	<b>55.24</b>	1,000	0.400	0.9470
	1.78	50.0	(27.89-53.64)	(44.95-70.20)			
	1.85	80.0					
	2.00	70.0					
	2.18	90.0					
NEOSC2	Log	%	CL <sub>50</sub>	CL <sub>90</sub>	$\chi^2$	$\sigma$	R <sup>2</sup>
	C	<u>Mortality</u>	mg L <sup>-1</sup>	mg L <sup>-1</sup>			
	1.00	0.0					
	1.30	20.0					
	1.48	30.0					
	1.70	50.0	<b>45.07</b>	<b>87.03</b>	0.990	0.343	0.9250
	1.78	50.0	(35.43-57.34)	(77.38-99.29)			
	1.85	70.0					
	2.00	83.3					
2.18	90.0						

## DISCUSSION:

This study evaluated the chemical profile and biological antimicrobial, larvicidal and molluscicide effect of oil-in-water nanoemulsions incorporated with the essential oils of *Hymenaea courbaril* and *Syzygium cumini*.

The chemical constituents detected in the essential oil of *H. courbaril* have also been described by [29,30]. The biological properties of *H. courbaril* essential oil may be associated with the high concentration of hydrocarbon monoterpenes, especially  $\beta$ -caryophyllene. For *S. cumini* essential oil, [31-34] evidence the results of this study where  $\beta$ -caryophyllene presented. The variability in the composition of the oil may be due to genetic factors, physiological and environmental factors. In fact, the chemical composition of essential oils can be influenced by several factors, including harvest period, climate and geographical conditions, time of day of collection, plant distillation method, existence of chemotypes and vegetative stage of the plant [35].

In the antimicrobial activity test, bactericidal action was observed against the tested microorganisms. The inhibition halos observed through the Disc Diffusion Method allowed the classification of bacterial strains- *E. coli* (Gram-negative), *S. aureus* (Gram-positive), *P. aeruginosa* (Gram-negative), *Salmonella* sp. (Gram-negative), *B. cereus* (Gram-positive) and *P. mirabilis* (Gram-negative) - tested as sensitive to the nanoemulsions incorporated with the essential oil of *S. cumini* and *H. courbaril*, according to the criteria established by [36].

The NEOSC2 nanoemulsion was more efficient in inhibiting the microbial growth of *S. aureus* (Gram-positive) and *B. cereus* (Gram-positive). Results described by [37] prove the bactericidal potential of *S. cumini* against the bacteria *S. aureus*, *Enterococcus faecalis*. The observed activity is also affirmed by [38] front *S. aureus* and *P. aeruginosa*.

The more efficient action of the nanoemulsion incorporated into the essential oil can be justified by [41], where Gram-positive cells have a cellular structure that allows greater accumulation of the compounds of the bioactive compound in the cytoplasm membrane, causing its loss of integrity, causing damage the bacteria are irreversible, and damage is facilitated by the action of the nanodroplets in a smaller size of the nanoformulations.

The NEOHC2 nanoemulsion proved to be highly efficient in inhibiting the growth of *S. aureus* and *E. coli* strains. The antimicrobial potential of *H. courbaril* peels is confirmed by [39] using the fruit peel extract, with bactericidal action against *E. coli*, *S. aureus* and *P. aeruginosa*. Still, [40] when evaluating the bactericidal activity of the essential oils of the leaves and bark of the fruits of *H. courbaril* observed effective combat against 11 pathogenic microorganisms.

[42] reports that nanoemulsions incorporated with essential oils, as they contain surfactants, have a greater potential for inhibiting the multiplication of microorganisms. Through the observed results, nanoemulsions have shown a potential phytotherapeutic for the treatment of infections caused by resistant microorganisms, and in this way, this study sought to study other applications in order to expand the spectrum of applications of this bioproduct.

In the larvicidal assay it was possible to observe the high larvicidal potential, according to [43], of the nanoemulsions analyzed in the present study, proving to be efficient against mosquito larvae *Aedes aegypti*, thus encouraging its potential for larvicidal application.

The potential is confirmed for the nanoemulsion NEOSC2 is confirmed by [44] and [45] when reporting the larvicidal action of the essential oil in vitro of the leaves of *S. cumini* obtaining an LC50 below 100 mg L<sup>-1</sup>. For NEOHC2, [46] analyzed the larvicidal potential of the essential oil extracted

from the discarded peels of the fruits of *H. courbaril* and rated the action observed in their study as highly efficient.

The action of the nanoemulsion incorporated into essential oils is associated with the presence of chemical constituents such as terpenic components, alcohols and additives, being responsible for the larvicidal activity against *Aedes aegypti* [47-49]. Still, other studies justify this action due to the higher concentration in the presence of oxygenated sesquiterpenes, present mainly in fruit peels [50]. The effect may be due to a sum of substances present, which despite being in lower concentrations, also have bioactivity [51].

The toxic potential of formulations incorporated with essential oils against *Aedes aegypti* can vary significantly according to the intrinsic and extrinsic factors to which the essential oil obtained was subjected as different plant species, extraction from different parts of the plant, age of manufacture, chemotypes and the geographical conditions (such as season of occurrence, precipitation, percentage of humidity, temperature, sunlight, and altitude), in which the plant was collected, the source of larvae, and the methods used, in general, to induce different larval responses [52].

The study of natural products obtained from plants with larvicidal activity against *Aedes aegypti* it is recent and most studies are carried out with crude extracts and essential oils and, in most of these cases, the compound responsible for the activity presented is unknown [44].

And although essential oils from plants prove to be an excellent alternative to control this vector, these are few soluble in water. Thus, nanoemulsions are viable alternatives, as they are capable of dispersing in an aqueous medium, contributing significantly as alternatives to control *A. aegypti*, since the vector proliferates in standing water. Thus, the importance of the study of nanoemulsions in the control of arbovirus vectors such as *Aedes aegypti*.

Another potential studied was how nanoemulsions act in the control of neglected disease vectors as in the control of the mollusc *Biomphalaria glabrata*. And through the results obtained, both nanoemulsions are effective, according to [53], which states that a plant with molluscicidal properties is considered active if it causes 90% mortality in concentrations up to 100 mg L<sup>-1</sup>, both formulations being within criteria.

Other nanoemulsions with molluscicidal action are described in the literature, but with smaller actions than those presented in this study. [54] observed the molluscicidal potential with the use of a nanoemulsion containing *Xylopiya ochrantha* essential oil against different species of *Biomphalaria*. [55] reported the effectiveness of the nanoformulation of the essential oil of *O. pulchella* as a molluscicide.

The mortality described for snails was evidenced by the retraction of the cephalopodal mass to the shell, release of hemolymph / swelling with consequent prolongation of its cephalopodal mass out of the shell due to the collapse of the osmotic balance that is under neurohormonal control [56].

Research on plants with activity against mollusks has received attention in recent decades as it is a cheaper and less aggressive alternative to nature [57]. Another relevant aspect in relation to concentrations is the concern with other components of aquatic biota, therefore the investment in natural biodegradable molluscicides [58-60].

[61] report that studies related to the molluscicidal evaluation of vegetables, which obtained positive results, suggest that the toxic activity of plants is due to the presence of secondary metabolites such as tannins, saponins, terpenoids, steroids and flavonoids, among others.



Thus, nanoformulations are promising in the control of *Aedes aegypti*, pathogenic bacteria and the snail that transmits the schistosomiasis *Biomphalaria glabrata*. The biological activity observed is related to the compounds present in essential oils. The nanoformulations are stable and have an excellent means of dispersing essential oils for their application.

## REFERENCES:

1. Monteiro SC, Brandelli CLC. Farmacobotânica: Aspectos Teóricos e Aplicação. Artmed Editora 2017.
2. Moreira F R, Oliveira F Q. Levantamento de plantas medicinais e fitoterápicos utilizados na comunidade quilombola-pontinha de Paraopeba, Minas Gerais, Brasil. Rev. Bras. Cienc. Avic. 2017; 5:1-24.
3. Messias MCTB, Menegatto MF, Prado ACC, Santos BRD, Guimarães MFM. Uso popular de plantas medicinais e perfil socioeconômico dos usuários: um estudo em área urbana em Ouro Preto, MG, Brasil. Rev. Bras. Plantas Med. 2015; 17:76-104.
4. Estrela TS. Resistência antimicrobiana: abordagem multilateral e resposta brasileira. Brasil, Ministério da Saúde, Assessoria de Assuntos Internacionais de Saúde. Saúde e Política Externa: os 20. 2018; 1998-2018.
5. Oliveira J, Castilho A, Rontani R, Rosalen P. Potencial antimicrobiano e toxicidade sistêmica de vernizes à base produtos naturais. Rev Trab InCient UNICAMP; 2019; 27: 1.
6. Miranda CASF, Cardoso MDG, Batista LR, Rodrigues LMA, Figueiredo ACDS. Óleos essenciais de folhas de diversas espécies: propriedades antioxidantes e antibacterianas no crescimento espécies patogênicas. Rev. Ciênc. Agron. 2016; 47: 213-220.
7. Veloso CAG, Souza PHS, Nóbrega FP, Medeiros ACD, Fachine IM, Melo JIM, Tavares JF. Composição química do óleo essencial de *Varronia dardani* (Taroda) JS Mill e sua atividade antibiofilme. BJD. 2020; 6:12887-12898.
8. Arruda IR, Albuquerque PB, Santos GR, Silva AG, Mourão PA, Correia MT, Carneiro-da-Cunha MG. Structure and rheological properties of a xyloglucan extracted from *Hymenaea courbaril* var. *courbaril* seeds. Int. J. Biol. Macromol. 2015; 76:31–38.
9. Orsi PR, Bonamin F, Severi JA, Santos RC, Vilegas W, Hiruma-Lima CA, Di Stasi LC. *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne: A Brazilian medicinal plant with gastric and duodenal antiulcer and antidiarrheal effects in experimental rodent models. J. Ethnopharmacol. 2012; 143:81-90.
10. Coe FG, Anderson GJ. Ethnobotany of the garífuna of Eastern Nicaragua. New York Bot. Gard. Press. 2016; 50:71-107.
11. Silva LL, Garlet QI, Koakoski G, Oliveira TA, Barcellos LJG, Baldisserotto B, Heinzmann BM. Effects of anesthesia with the essential oil of *Ocimum gratissimum* L. in parameters of fish stress. Rev. Bras. Plantas Med. 2015; 17:215-223.
12. Rodrigues KAF, Amorim LV, Dias CN, Moraes DFC, Carneiro SMP, Carvalho FAA. *Syzygium cumini* (L.) Skeels essential oil and its major constituent  $\alpha$ -pinene exhibit anti-leishmania activity through immunomodulation in vitro. J. Ethnopharmacol. 2015; 160:32–40.
13. Singh JP, Kaur A, Singh N, Nim L, Shevkani K, Kaur H, Arora DS. In vitro antioxidant and antimicrobial properties of jambolan (*Syzygium cumini*) fruit polyphenols. LWT - Food Sci Technol. 2016; 65:1025-1030.
14. El Asbahani A, Miladi K, Badri W, Sala M, Addi EA, Casabianca H, Elaissari A. Essential

oils: from extraction to encapsulation. *Int. J. Pharm.* 2015; 483:220-243.

15. Gupta A, Eral HB, Hatton TA, Doyle PS. Nanoemulsions: formation, properties and applications. *Soft matter.* 2016; 12:2826-2841.

16. Yukuyama MN, Ghisleni DDM, Pinto TDJA, Bou-Chacra NA. Nanoemulsion: process selection and application in cosmetics—a review. *International journal of cosmetic science.* 2016; 38:(1), 13-24.

17. Yukuyama MN, Ghisleni DDM, Pinto TDJA, Bou-Chacra NA. Nanoemulsion: process selection and application in cosmetics—a review. *Int. J. Cosmet. Sci.* 2016; 38: 13-24.

18. Wang L, Li X, Zhang G, Dong J, Eastoe, J. Oil-in-water nanoemulsions for pesticide formulations. *J. Colloid Interface Sci.* 2007; 314: 230-235.

19. Zhang Y, Shang Z, Gao C, Du M, Xu S, Song H, Liu T. Nanoemulsion for Solubilization, Stabilization, and In Vitro Release of Pterostilbene for Oral Delivery. *AAPS PharmSciTech.* 2014; 15:1000-1008.

20. Lima TCP, Almeida AF, Oliveira ECP, Carrera Silva Júnior JO, Ribeiro Costa RM, Pena Matos A, Fonseca Gomes MR. Desenvolvimento de nanogel de copaifera reticulata sobre a lesão muscular em ratos usando fonoforese. *Ver. Saúde Pesq.* 2020; 13:1.

21. Sugumar S, Clarke SK, Nirmala MJ, Tyagi BK, Mukherjee A, Chandrasekaran N. Nanoemulsion of eucalyptus oil and its larvicidal activity against *Culex quinquefasciatus*. *Bull. Entomol. Res. Bull. Entom. Res.* 2014; 104:393-402.

22. Shafiq S, Shakeel F, Talegaonkar S, Ahmad FJ, Khar RK, Ali M. Development and bioavailability assessment of ramipril nanoemulsion formulation. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 2007; 66:227-243.

23. CLSI Performance standards for antimicrobial disk susceptibility tests. *Clinical and Laboratory Standards Institute.* 30 nd ed. 2020.

24. Silva WJD. Larvicidal activity of the essential oil of existing plants in the State of sergipe against *Aedes aegypti* Linn. 2006.

25. Finney DJ. *Probit Analysis* Cambridge Univ Press. 1964.

26. WHO. Report of the Scientific working Group on Plant Molluscicide & Guidelines for evaluation of plant molluscicides. *TDR/SCHSWG.* 1983; 4:83.

27. Colegate SM, Molyneux RJ. *Bioactive natural products: detection, isolation, and structural determination.* CRC press.N/; 2007.

28. Sales GWP, Batista AHM, Rocha LQ, Nogueira NAP. Efeito antimicrobiano e modulador do óleo essencial extraído da casca de frutos da *Hymenaea courbaril* L. *Rev. Bras. Cienc. Farm.* 2014; 35.

29. Mercês PFF. Variação da composição química e da atividade antifitopatogênica dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* (Fabaceae) coletadas em área de extrema importância biológica para a conservação. Universidade Federal de Pernambuco. 2015.

30. Mercês PFF, Silva-Bessa CMA, Malafaia CB, Câmara CAG, Silva MMC, Navarro DMAF, Oliva MLV. Caracterização fitoquímica e avaliação do potencial acaricida e inseticida do óleo essencial de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* sobre o ácaro-rajado e o gorgulho do milho. JEAP. 2018; 3:417-428.
31. Almeida CS. Composição química do óleo essencial das folhas da azeitona roxa (*Syzygium cumini*). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. 2019
32. Dias CN, Rodrigues KA, Carvalho FA, Carneiro SM, Maia JG, Andrade EH, Moraes DF. Molluscicidal and leishmanicidal activity of the leaf essential oil of *Syzygium cumini* (L.) SKEELS from Brazil. Chem. Biodivers. 2013; 10:1133-1141.
33. Ramos MFS, Siani AC, Souza MC, Rosas EC, Henriques MGMO. Avaliação da atividade antiinflamatória dos óleos essenciais de cinco espécies de Myrtaceae. Fitos. 2006; 2:58-66
34. Ucker CDL. Óleo essencial de sementes e folhas de *Syzygium cumini* e óleo desodorizado de *Melaleuca alternifolia*: potencial antimicrobiano e antioxidante. Universidade Federal de Pelotas. 2016.
35. Sözmen F, Uysal B, Köse EO, Aktaş Ö, Cinbilgel I, Oksal BS. Extraction of the essential oil from endemic *Origanum bilgeri* PH Davis with two different methods: comparison of the oil composition and antibacterial activity. Chem. Biodivers. 2012; 9:1356-1363.
36. Moreira MR, Ponce AG, Del Valle CE & Roura SI. Inhibitory parameters of essential oils to reduce a foodborne pathogen. LWTA. 2005; 38(5), 565-570.
37. Gomes, C. L. *Obtenção e avaliação antifúngica e antibacteriana do extrato seco padronizado à base de Syzygium cumini (L.) Skeels*. UFPb. 2018.
38. Costa, M. C. V. V. Citotoxicidade, propriedades antioxidantes e avaliação da atividade antimicrobiana do extrato de *Syzygium cumini* (L.) Skeels após irradiação gama. 2017.
39. Correa, M. N., Aguirre, O. E. R., & Palacios, J. D. C. A. Antimicrobial activity of *Hymenaea courbaril* L. Fruit. AJPCR. 2020; 13(6), 200-203.
40. Mercês, P. F. F. D. Variação da composição química e da atividade antifitopatogênica dos óleos essenciais das folhas e frutos de *Hymenaea courbaril* L. var. *courbaril* (Fabaceae) coletadas em área de extrema importância biológica para a conservação. UFPb. 2015.
41. de Souza, E. L., de Barros, J. C., de Oliveira, C. E. V., & da Conceição, M. L. Influence of *Origanum vulgare* L. essential oil on enterotoxin production, membrane permeability and surface characteristics of *Staphylococcus aureus*. **Int. J. Food Microbiol.** 2010; 137(2-3), 308-311.
42. Moraes, M. Óleo essencial de orégano nanoemulsionado: produção, caracterização físico-química, atividade antimicrobiana e antioxidante in vitro e aplicação em patê de frango. 2017.
43. Dias, C. N., & Moraes, D. F. C. Essential oils and their compounds as *Aedes aegypti* L.(Diptera: Culicidae) larvicides. Parasitol. Res. 2014; 113(2), 565-592.
44. Everton, G. O., Rosa, P. V. S., de Araújo Neto, A. P., dos Santos Farias, W. K., de Assunção Conceição, F. O. V., da Cruz Soares, L. B., ... & Mouchrek Filho, V. E. Atividade larvicida frente *Aedes aegypti* do óleo essencial das folhas secas de *Syzygium cumini* (L.) Skeels (Myrtaceae). Res., Soc. Dev. 2020; 9(11), e5529119967-e5529119967.

45. Murthy, J. M., & Rani, P. U. Biological activity of certain botanical extracts as larvicides against the yellow fever mosquito, *Aedes aegypti* L. *J Biopest.* 2009; 2(1), 72-6.
46. Everton, G. O., Mafra, N. S. C., Sales, E. H., Rosa, P. V. S., dos Santos Farias, W. K., Pinheiro, F. S., ... & Mouchrek Filho, V. E. Óleo essencial das cascas descartadas do fruto de *Hymenaea courbaril* L. como larvicida frente *Aedes aegypti*. *Res., Soc. Dev.* 2020; 9(10), e1389108437-e1389108437.
47. Leite, A. M., Lima, E. D. O., Souza, E. L. D., Diniz, M. D. F., Leite, S. P., Xavier, A. L., & Medeiros, I. A. D. Preliminary study of the molluscicidal and larvicidal properties of some essential oils and phytochemicals from medicinal plants. *Rev. bras. farmacogn* 2009; 19(4), 842-846.
48. Lima, R. K., Cardoso, M. G., Moraes, J. C., Melo, B. A., Rodrigues, V. G., & Guimarães, P. L. Atividade inseticida do óleo essencial de pimenta longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) sobre lagarta-do-cartucho do milho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae). *Acta amazônica.* 2009; 39(2), 377-382.
49. Lucia, A., Audino, P. G., Seccacini, E., Licastro, S., Zerba, E., & Masuh, H. Larvicidal effect of *Eucalyptus grandis* essential oil and turpentine and their major components on *Aedes aegypti* larvae. *J. Am. Mosq. Control Assoc.* 2007; 23(3), 299-303.
50. Aguiar, J. C. D., Santiago, G. M., Lavor, P. L., Veras, H. N., Ferreira, Y. S., Lima, M. A., ... & Braz-Filho, R. Chemical constituents and larvicidal activity of *Hymenaea courbaril* fruit peel. *Nat Prod Commun.* 2010; 5(12), 1934578X1000501231.
51. Martins, T. G. T., Everton, G. O., Rosa, P. V. S., Arruda, M. O., da Silva Souto, L. A., Fonseca, D., ... & Mouchrek Filho, V. E. Atividade larvicida do óleo essencial de Pimenta dioica Lindl. frente as larvas do mosquito *Aedes aegypti*. *Res., Soc. Dev.* 2020; 9(8), e151985518-e151985518.7
52. Dias CN & Moraes DFC. Essential oils and their compounds as *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvicides: review. *Parasitol. Res.* 2014; 113(2), 565-592.
53. Hlth, W. Molluscicide screening and evaluation. 1965.
54. Araújo, F. D. P., Albuquerque, R. D. D. G. D., Rangel, L. D. S., Caldas, G. R., Tietbohl, L. A. C., Santos, M. G., ... & Rocha, L. Nanoemulsion containing essential oil from *Xylopia ochrantha* Mart. produces molluscicidal effects against different species of *Biomphalaria* (*Schistosoma* hosts). *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 2019; 114.
55. Passos, B. G., da Silva Rangel, L., de Albuquerque, R. D. D. G., Caldas, G. R., Santos, M. G., dos Santos Esteves, R., ... & Rocha, L. *Ocotea pulchella* as an alternative against schistosomiasis: chemical analysis, development of nanoemulsion and biological control activity. *BLACPMA.* 2020; 19(5), 508-518.
56. McCullough, F. S., Gayral, P. H., Duncan, J., & Christie, J. D. Molluscicides in schistosomiasis control. *Bull. World Health Organ.* 1980; 58(5), 681.
57. Clark, T. E., & Appleton, C. C. The molluscicidal activity of *Apodytes dimidiata* E. Meyer ex Arn (Icacinaceae), *Gardenia thunbergia* Lf (Rubiaceae) and *Warburgia salutaris* (Bertol. F.) Chiov. (Cannellaceae), three South African plants. *J Ethnopharmacol.* 1997; 56(1), 15-30.
58. Luna, J. D. S., Dos Santos, A. F., De Lima, M. R. F., De Omena, M. C., De Mendonça, F. A. C., Bieber, L. W., & Sant'Ana, A. E. G. (2005). A study of the larvicidal and molluscicidal

activities of some medicinal plants from northeast Brazil. *J Ethnopharmacol.* 2005; 97(2), 199-206.

59. dos Santos, A. F., de Azevedo, D. P., dos Santos Mata, R. D. C., de Mendonça, D. I. D., & Sant'Ana, A. E. G. The lethality of *Euphorbia conspicua* to adults of *Biomphalaria glabrata*, cercaria of *Schistosoma mansoni* and larvae of *Artemia salina*. *Bioresour. Technol.* 2007; 98(1), 135-139.

60. Singh, A., & Singh, S. K. Molluscicidal evaluation of three common plants from India. *Fitoterapia.* 2005; 76(7-8), 747-751.

61. Hymete, A., Iversen, T. H., Rohloff, J., & Erko, B. Screening of *Echinops ellenbeckii* and *Echinops longisetus* for biological activities and chemical constituents. *Phytomedicine.* 2005; 12(9), 675-679.

**Acknowledgement:**

The authors thank FAPEMA, Brazil for financing the costs of this research.

## ***HIGH ORDER COMPACT METHOD USING EXPONENTIAL DIFFERENCE SCHEMES IN THE SOLUTION OF THE CONVECTIVE DIFFUSION EQUATION***

**Henrique Mariano C.do Amaral** *hmca13@gmail.com henriqueamaral@professor.uema.br Universidade Estadual do Maranhão Cidade Universitária Paulo VI, 65055.970, São Luís/Maranhão, Brasil*  
**Rogério Gonc**, *alvesdosSantos Roger7@fem.unicamp.br Unicamp-FEM Rua Mendeleev 200 - Cidade Universitária, 13083-860, Campinas/SP, Brasil*

**Abstract.** We will present in this paper scheme for the numerical solution of the convective-diffusive equations in incompressible, inviscid, stationary and transient flows by the technique known as HighOrder Exponential Finite Difference Schema. Today, it is generally accepted that a realities arise in the various branches of science, such as physics, biology, chemistry, materials, engineering, ecology, biomechanical economics, combustion, computer science, epidemiology, finance, groundwater pollution, heat transfer, neurosciences, physiology, infiltration flow, solids mechanics, and turbulence are modeled by EDP typically similar to the RDC equation - Reaction-Diffusion-Convection Equation. In the last decades, many known numerical techniques have been applied to solve this problem. RDC equation: finite differences, finite volumes, finite elements and spectral or meshless, to name a few.

In this respect, a general-purpose numerical methodology still does not seem to be available actually. In general, the methods cited are successful when convection, reaction or combination of both acting together are largely dominated by diffusion, tending to purely diffusive process. The situation is drastically altered when convection, reaction, or a combination of both overload diffusion. In such situations, numerical instability arises in cases where diffusion becomes less predominant. Thus, the purpose of this paper is to present the above scheme.

**Keywords:** High-Order Exponential Difference Schemas, Convective-Diffusion Equations, Finite Difference Schemas, Computational Fluid Dynamics

### 1 INTRODUCTION

Here is introduced a systematic overview of the treatment of high order compact numerical methods applied to convection-diffusion equations. Covers 1D problems with coefficients of convective and diffusive constant or variable terms solved in uniform meshes. (AMARAL, 2018) e (POLYAKOV et al., 2017) states that the advection - diffusion equations form the basis of many mathematical models and are considered as one of the main components of the numerical problem in hydrodynamics.

$$\frac{\partial u}{\partial t} - a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + c \frac{\partial u}{\partial x} = F(x); \tag{1}$$

with the boundary conditions

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad x \in [0, 1],$$

and

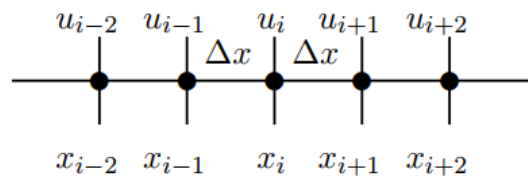
$$u(0, t) = g_1(t), \quad u(1, t) = g_2(t), \quad t \in (0, T].$$

In order to present the main ideas, we will take the equation of stationary convection-diffusion to develop the concepts of high order schemes and later we expand to the transient equation.

Thus, a typical limit value between two points of a boundary value problem (PVC) that models the representation of a class of stationary transport problems: (stationary convection-diffusion equation -CDE as stated above), taking the variable  $u$  as the variable to be carried (sometimes also referred to in the technical literature by the Greek letter  $\phi$ ) of:

$$- a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + c \frac{\partial u}{\partial x} = F(x); \tag{2}$$

with the coefficient  $c$  constant and, the source term  $F$  and the boundary conditions of Dirichlet  $u(0) = 0$  and  $u(1) = 1$ . Note that it is required that the functions  $u$  and  $F$  have strong assumptions of regularity over the solutions and data, which increases the mathematical complexity to deduce the discrete model. Let the space domain  $\Omega$  where  $x \in [0, 1]$  will be divided into evenly spaced cells of length  $\delta_x = h$ ; using central finite differences, the discretization of above equation (2) becomes:



Estencil- $x$

Knowing that the series expansion of the derived terms for the finite difference discretization process is given by:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = u_{x_i} = \delta_h u_i - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{h^{2n}}{(2n + 1)!} \delta_x^{2n+1} u_i;$$



and

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = u_{xx_i} = \delta_h^2 u_i - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2h^{2n}}{(2n+2)!} \delta_x^{2n+2} u_i = \delta_h^2 u_i + O(h^4);$$

where  $u_{xi}$  and  $u_{xxi}$  respectively represents the first and second derivatives of  $u$  with respect to the variable  $x$  applied at the discrete point  $i$ ;  $\delta_x^n u_i$  is the derivative of the order  $n$  in  $x$  of the function  $u$  applied at the point  $i$ ;  $h = \Delta x$  is the step in the direction of the  $x$  axis; and  $\delta_x^n u_i$  is the local discrete derivative of order  $n$  in  $x$  of function  $u$  applied at point  $i$ .

Developing the diffusive and convective terms of (2), order  $O(h^2)$  using the above expressions and truncating the terms of the expansion of order equal to or greater than  $O(h^5)$  and, furthermore, replacing  $F$  by the original equation, we find the new fourth order equation with a residual term of order  $O(h^4)$ :

$$-a \left( \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{h^2} \right) + c \left( \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2h} \right) + u_i - \varepsilon_i = F(x_i), \tag{3}$$

where

$$\varepsilon_i = \frac{h^2}{12} \left( 2c \frac{d^3 u}{dx^3} - a \frac{d^4 u}{dx^4} \right) + O(h^4). \tag{4}$$

It is seen that  $\varepsilon_i$  is the truncation error introduced in the development of discretization by the Taylor series expansion. Note that  $u_i$  represents the approximation of the value the variable  $u(x_i)$  and is indicative of the coordinate of a typical node. In order to have a compact high-order scheme (**HO**C - **H**igh **O**rders **C**ompact **S**cheme)  $O(h^4)$ , it is necessary to retain the term of the truncation error in the discretization expression. For this, if you have to take CDE (3) without the error (4):

$$\frac{d^2 u}{dx^2} = \frac{c}{a} \frac{du}{dx} + \frac{1}{a} (u - F). \tag{5}$$

Deriving the above expression in relation to  $x$  it has:

$$\frac{d^3 u}{dx^3} = \frac{c}{a} \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{1}{a} \left( \frac{du}{dx} - \frac{dF}{dx} \right). \tag{6}$$

Deriving again in relation to  $x$ ,

$$\frac{d^4 u}{dx^4} = \frac{c}{a} \frac{d^3 u}{dx^3} + \frac{1}{a} \left( \frac{d^2 u}{dx^2} - \frac{d^2 F}{dx^2} \right). \tag{7}$$

$$\frac{d^4 u}{dx^4} = \frac{c}{a} \left( \frac{c}{a} \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{1}{a} \left( \frac{du}{dx} - \frac{dF}{dx} \right) \right) + \frac{1}{a} \left( \frac{d^2 u}{dx^2} - \frac{d^2 F}{dx^2} \right), \tag{8}$$

and

$$\frac{d^4 u}{dx^4} = \left( \frac{c^2 - a}{a^2} \right) \frac{d^2 u}{dx^2} + \frac{c}{a^2} \left( \frac{du}{dx} - \frac{dF}{dx} \right) - \frac{1}{a} \frac{d^2 F}{dx^2}. \tag{9}$$

By doing so, the above formulation retains the increased convergence rate for  $O(h^4)$  as the desired hypothesis, and the resulting scheme remains compact. The system generated by the discretized scheme is clearly tridiagonal, motivated by the stencil used in the discretization of central finite differences with 3 points.

The term source  $F(x)$  plays an important role in approximation of the derivatives of order 3 and 4 as seen above. If these derivatives of  $F$  are known analytically, this knowledge can be used in the discretized equations. However, if only a discrete approximation of  $F$  is known, its central differences can be used which still results in a  $O h^4$  as (CUI, 2014), (MISHRA; YEDIDA, 2011), (AMARAL, 2018), (SPOTZ; CAREY, 1995) and (FU et al., 2018).

Note that we can deduce compact schemes of higher order by repeating the above procedure to obtain schemes of some order higher. It is important to note that high order schemes are particularly relevant in detecting pressure disturbances associated with acoustic waves whose order of magnitude is much smaller than hydrodynamic pressure fluctuations in compressible flows, for example.

## 2 HIGH ORDER COMPACT FORMULATION - HOC

We present in this section, the development of a compact high order scheme for the advection-diffusion equation, as an introductory mode to the exponential difference schemes that will be developed in later sections.

The basic approach to high order compact difference methods is to introduce the standard compact difference approximations for the differential equations, and then by repeated differentiation and associated compact differentiation, a new high order compact scheme will be developed incorporating the effect of the main truncation.

Recently we have seen a growing development of compact finite difference methods of high order in computational dynamics of fluids, computational acoustics and electromagnetism.

To introduce the compact fourth-order finite difference scheme for the spatial derivatives of (2), can be represented by the dimensionless central difference scheme as:

$$-\frac{d^2u}{dx^2} + c\frac{du}{dx} = f(x); \tag{10}$$

where  $f = \left(\frac{L^2}{au^*}\right) F(x)$ ; Discretizing it and neglecting truncation  $\epsilon$  at point  $i$  we see that the main term is of the order  $O h^2$ :

$$-\delta_x^2 u_i + c\delta_x u_i - \epsilon_i = f_i, \tag{11}$$

where  $\epsilon_i$  is the truncation error given in 4 e 6. The basic idea behind the HOC approach is to find compact approximations for the derivatives in the above equation by differentiating the governing equation from the problem. According to the equations (of truncation) these can be rewritten as follows (SPOTZ; CAREY, 1995):

$$\frac{d^3u}{dx^3}\Big|_i = \left(c\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{dc}{dx}\frac{du}{dx} - \frac{df}{dx}\right)_i = c_i\delta_x^2 u_i + \delta_x c_i\delta_x u_i - \delta_x f_i + O(h^2) \tag{12}$$

or as

$$\frac{d^4u}{dx^4}\Big|_i = \left(c\frac{d^3u}{dx^3} + 2\frac{dc}{dx}\frac{d^2u}{dx^2} + \frac{d^2c}{dx^2}\frac{du}{dx} - \frac{d^2f}{dx^2}\right)_i \tag{13}$$

$$\frac{d^4u}{dx^4}\Big|_i = c_i\frac{d^3u}{dx^3}\Big|_i + 2\delta_x c_i\delta_x^2 u_i + \delta_x c_i\delta_x^2 u_i + \delta_x^2 c_i\delta_x u_i - \delta_x^2 f_i + O(h^2). \tag{14}$$

The equations (13) and (14) must be combined with (4) to produce a new expression for the truncation error. Thus by substituting in (4) the above expressions, all at any generic point any  $i$  of domain  $\Omega$ , have:

$$\varepsilon_i = \frac{h^2}{12} [(c_i^2 - 2\delta_x c_i)\delta_x^2 u_i + (c_i \delta_x c_i - \delta_x^2 c_i)\delta_x u_i - c_i \delta_x f_i + \delta_x^2 f_i] + O(h^4). \quad (15)$$

The above equation (15) is clearly of a higher order compared to the equation (4) and will be used to improve the accuracy of the solution of the advection-diffusion equation. In this way the compact high order scheme can be derived from the above equation by adding to the coefficients of the original equation analyzed (2) the respective coefficients of the derivative and source term found in (15). Thus, in a simplified way, one can write the HOC scheme as (SPOTZ; CAREY, 1995):

$$- A_i \delta_x^2 u_i + C_i \delta_x u_i = F_i + O(h^4); \quad (16)$$

making the necessary algebraisms, now using the new error (15) if one has:

$$\begin{aligned} & \delta_x^2 u_i + c_i \delta_x u_i + \varepsilon_i = f_i, \\ \left[ 1 + \frac{h^2}{12} (c_i - 2\delta_x c_i) \right] \delta_x^2 u_i + \left[ c_i + \frac{h^2}{12} (c_i \delta_x c_i - \delta_x^2 c_i) \right] \delta_x u_i &= f_i + \frac{h^2}{12} (\delta_x^2 f_i - c_i \delta_x f_i), \end{aligned} \quad (17)$$

comparing the last expression (17) above with (16) we see that the new coefficients are:

$$A_i = 1 + \frac{h^2}{12} (c_i^2 - 2\delta_x c_i); C_i = c_i + \frac{h^2}{12} (c_i \delta_x c_i - \delta_x^2 c_i); F_i = f_i + \frac{h^2}{12} (\delta_x^2 f_i - c_i \delta_x f_i). \quad (18)$$

### 2.1 Compact High Order Scheme for ECD Transient

In the transient case (1), we take the solution for the stationary case - see (FU et al., 2018), (AMARAL, 2018), (TIAN; GE, 2007) and (SPOTZ; CAREY, 2001) simply write  $g = F - \frac{\partial u}{\partial t}$  applied at any point  $i$ . Remember that, without loss of generality, the deductions were made considering the diffusion coefficient  $a = I$ , but to observe the temporal effect of both the diffusion and the convection, the coefficient of the convection with  $\frac{c_i}{a}$ . Like this,

$$\begin{aligned} \left\{ \frac{\partial u}{\partial t} \right\}_i &= -\frac{h^2}{12a} \frac{\partial}{\partial t} (c \delta_x u_i - a \delta_x^2 u_i) + c \delta_x u_i - \left( a + \frac{c^2 h^2}{12a} \right) = \\ & f_i - \frac{h^2}{12a} (c_i \delta_x f_i - a \delta_x^2 f_i) + O(h^4), \end{aligned} \quad (19)$$

one must now proceed to integration in time by some solver. High-order solving algorithms are quite complicated, but a second-order Runge-Kutta algorithm can be used when stability and convergence are desired instead of precision and agility.

By taking a two-stage solver involving the more classical methods, one can apply the differentiation at time  $t_n$  of the form  $t_\zeta = (I - \mu)^m + \mu t^n + I$ . In doing so, we find the following scheme:

$$\delta_t^+ u_i^n - \frac{h^2}{12a} (c\delta_t^+ \delta_x u_i^n - a\delta_t^+ \delta_x^2 u_i^n) + (1 - \mu) \left[ c\delta_x u_i^n - \left( a + \frac{c^2 h^2}{12a} \right) \delta_x^2 u_i^n \right] + \mu \left[ c\delta_x u_i^{n+1} - \left( a + \frac{c^2 h^2}{12a} \right) \delta_x^2 u_i^{n+1} \right] = (20)$$

$$(1 - \mu) \left[ f_i^n - \frac{h^2}{12a} (c\delta_x f_i^n - a\delta_x^2 u_i^n) \right] + \mu \left[ f_i^{n+1} - \frac{h^2}{12a} (c\delta_x f_i^{n+1} - a\delta_x^2 f_i^{n+1}) \right] + O(h^4 \delta t),$$

where  $\delta_x^2 u_i^{n+1} = \frac{u_{i+1}^{n+1} - 2u_i^{n+1} + u_{i-1}^{n+1}}{h^2}$ ; and  $\delta_t^+ u_i = \frac{u_i^{n+1} - u_i^n}{\Delta t}$  and so on.

### 3 EXPONENTIAL COMPACT HIGH ORDER SCHEME - EHOC

Recently there have been published several articles that deal with this topic, among which (TIAN; YU, 2001), (POLYAKOV, 2013), (MISHRA; YEDIDA, 2011), (FU et al., 2018), (TIAN; GE, 2007), (CUI, 2015), (JHA; KUMAR, 2017), (CAO et al., 2017).

The exponential schemes of finite differences applied in uniform meshes modifies the finite difference operator according to the behavior of the differential equation to be solved. Here we take into account that the fields between the nodal points are locally approximated using a set of exponential base functions, type  $\{I, x, \exp[\pm(v_x x + v_y y + v_z z)]\}$  for the most general (3D) case, where  $v_x, v_y, v_z$  are complex exponents in the directions  $x, y$  and  $z$ .

This method has some important properties such as non-oscillation in convection-diffusion problems, and that it tends to the traditional finite difference method, when the exponents of the exponential functions tend to zero, that is, when  $v_x \rightarrow 0, v_y \rightarrow 0, v_z \rightarrow 0$ . Although the method has a good numerical stability structure, in cases where the problem has convective predominance or cells with a high Reynolds number, the scheme may produce a slight spurious, non-physical behavior in the diffusion.

The solution of the generic transient convection-diffusion equation begins with the solution of the associated permanent equation (SPOTZ; CAREY, 2001), (TIAN; YU, 2001) and (MAHDI, 2011). Thus, in the case of equation 1D, we have  $v_y \rightarrow 0, v_z \rightarrow 0$ . Then the equation in steady state, in the domain  $\Omega = (0, 1)$  with the boundary conditions  $u(0) = \varphi_1$  and  $u(1) = \varphi_2$ ; thus, discretizing has:

$$- a\delta_x^2 u_i + c\delta_x u_i = F_i \tag{21}$$

For the schema to be exponential, we introduce in any interval any  $[x_{i-1}, x_{i+1}]$  that the solution of the problem is of the form  $\exp(-\frac{c_i x}{a})$  so that the equation (10) can be rearranged as follows:

$$- a \frac{d}{dx} \left( e^{-\frac{c_i x}{a}} \frac{du}{dx} \right) = e^{-\frac{c_i x}{a}} f. \tag{22}$$

Integrating the expression above on the interval  $[x_{i-\frac{1}{2}}, x_{i+\frac{1}{2}}]$  and remembering that using the finite central difference scheme the approximation of first derivative at a point  $i$  is given by:

$$\frac{du_i}{dx} = \frac{u_{i+\frac{1}{2}} - u_{i-\frac{1}{2}}}{h} + O(h^2),$$

it has

$$c_i \left[ e^{-\frac{c_i h}{2a}} \left( \frac{du}{dx} \right)_{i+\frac{1}{2}} - e^{\frac{c_i h}{2a}} \left( \frac{du}{dx} \right)_{i-\frac{1}{2}} \right] = \int_{x_{i-\frac{1}{2}}}^{x_{i+\frac{1}{2}}} e^{-\frac{c_i x}{a}} f_i dx; \tag{23}$$

making  $\eta = \frac{c_i h}{2a}$  and  $u_x = \frac{du}{dx}$  result in

$$c_i \left[ e^{-\eta} \left( \frac{u_{i+1} - u_i}{h} \right) - e^{\eta} \left( \frac{u_i - u_{i-1}}{h} \right) \right] = (e^{\eta} - e^{-\eta}) f_i.$$

Using the approximation in central differences for the points  $u_{i+\frac{1}{2}}$  and  $u_{i-\frac{1}{2}}$  in (24):

$$c_i \left[ e^{-\eta} \left( \frac{u_{i+1} - u_i}{h} \right) - e^{\eta} \left( \frac{u_i - u_{i-1}}{h} \right) \right] = (e^{\eta} - e^{-\eta}) f_i.$$

In the first portion of the term the left we multiply and divide by  $2h$  and adding and subtracting  $u_{i-1}$  in the second portion of the term the left of the expression above multiplying and dividing by  $2$  and adding and subtracting  $u_{i+1}$ , you have:

$$\frac{c_i h}{2} \left[ e^{-\eta} \left( \frac{2u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1} - u_{i-1}}{h^2} \right) \right] - c_i \left[ e^{\eta} \left( \frac{2u_i - 2u_{i-1} + u_{i+1} - u_{i+1}}{2h} \right) \right] = (e^{\eta} - e^{-\eta}) f_i.$$

Rearranging the terms one has

$$\begin{aligned} & \frac{c_i h}{2} [u_{i+1} (e^{\eta} + e^{-\eta}) - 2u_i (e^{\eta} + e^{-\eta}) + u_{i-1} (e^{\eta} + e^{-\eta})] + \\ & \frac{c_i}{2h} [u_{i+1} (e^{\eta} - e^{-\eta}) - u_{i-1} (e^{\eta} - e^{-\eta})] = (e^{\eta} - e^{-\eta}) f_i, \\ & -\frac{c_i h}{2} \left[ \frac{u_{i+1} - 2u_i + u_{i-1}}{h^2} \right] \left[ \frac{e^{\eta} + e^{-\eta}}{e^{\eta} - e^{-\eta}} \right] + \\ & c_i \left[ \frac{u_{i+1} - u_{i-1}}{2h} \right] \left[ \frac{e^{\eta} + e^{-\eta}}{e^{\eta} - e^{-\eta}} \right] = f_i, \\ & -\frac{c_i h}{2} \coth(\eta) \delta_{hx}^2 u_i + c_i \delta_{hx} u_i = f_i. \end{aligned} \tag{25}$$

Then the expression of the second-order exponential scheme for the convection-diffusion equation can be finally written as

$$-\alpha \delta_h^2 u_i + c \delta_h u_i = F_i; \tag{26}$$

remember that

$$\alpha = \left( \frac{ch}{2} \right) \coth \left( \frac{ch}{2a} \right) \iff c \neq 0; \quad \text{e} \quad \alpha = a \iff c = 0; \tag{27}$$

because (23) has exact solution for  $e^{\frac{cx}{a}}$ .

For the development of the high order compact exponential scheme, we have several ways of combining the source factors  $F_i$ , according to different authors. Thus, we will see in the following

subsections some of these stationary and transient forms .

In order to make the high precision order scheme (23),  $F_i$  can be set as a linear combination of source terms and their derivatives on the chosen stencil. This scheme is suggested, among other authors, as (MISHRA; YEDIDA, 2011) and others.

Since the stencil we are working on is 3-points, then by making the above-mentioned linear combination, one has an approximation of the exponential scheme in finite differences at a point  $x_i$  with step  $h$ :  $-\alpha\delta_h^2 u_i + c\delta_h u_i = F_i$ .

As in the case of HOC, here the combination of  $F_i$  to make the high-order precision schema (19) is, according to (TIAN; GE, 2007), (TIAN; YU, 2001), (FU et al., 2018):

$$\begin{aligned} F_i &= (\gamma_1 + \gamma_2\delta_x + \gamma_3\delta_x^2) f_i \\ &= \gamma_1 f_i + \gamma_2 f_{x_i} + \gamma_3 f_{xx_i}. \end{aligned} \tag{28}$$

### 3.1 EHOC when the ECD coefficients are constant

In this variant of the exponential scheme, the convection coefficient is constant and we try to obtain the coefficients of  $f$  so that we have the exact solution of (24). Thus, one has:

$$\begin{aligned} -\alpha\delta_h^2 u_i + c\delta_h u_i &= (\gamma_1 + \gamma_2\delta_x + \gamma_3\delta_x^2) f_i \\ &= \gamma_1 f_i + \gamma_2 f_{x_i} + \gamma_3 f_{xx_i}. \end{aligned} \tag{29}$$

Rewriting (29), so as to substitute in the values of  $f_i$ ,  $f_{x_i}$  and  $f_{xx_i}$  to its equation  $-au_{xx} + cu_x$  of equality, its first derivative and its second derivative respectively, always applied at the point  $i$  has:

$$-\alpha\delta_h^2 u_i + c\delta_h u_i = \gamma_1 (-au_{xx} + cu_x)_i + \gamma_2 (-au_{xx} + cu_x)_{x_i} + \gamma_3 (-au_{xx} + cu_x)_{xx_i} \tag{30}$$

Performing the operations indicated in (30) and developing the terms  $\delta_h^2 u_i = u_{xxi}$  and  $\delta_h u_i = u_{xi}$  by the expressions below the result of its development by Taylor series, truncating in the desired order):

$$u_{x_i} = \delta_h u_{xi} - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{h^{2n}}{(2n+1)!} \delta_x^{2n+1} u_i; \tag{31}$$

$$u_{xx_i} = \delta_h^2 u_i - \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2h^{2n}}{(2n+2)!} \delta_x^{2n+2} u_i = \delta_h^2 u_i (h^4); \tag{32}$$

By doing the substitutions and the algebraic operations, and zeroing one finds each of the coefficients of the terms  $u_{xi}$ ,  $u_{xxi}$ ,  $\delta_x^3 u_i$  and  $\delta_x^4 u_i$ , that will appear, one has:

$$(\gamma_1 - 1) c = 0 \longrightarrow \gamma_1 = 1; \tag{33}$$

$$-\gamma_1 a + \gamma_2 c + \alpha = 0 \longrightarrow \gamma_2 = \begin{cases} \frac{a-\alpha}{c} \Leftrightarrow c \neq 0; \\ 0 \Leftrightarrow c = 0; \end{cases} \tag{34}$$

$$-\gamma_2 a + \gamma_3 c - \frac{ch^2}{6} = 0 \longrightarrow \gamma_3 = \begin{cases} \frac{a(a-\alpha)}{c} + \frac{h^2}{6} \Leftrightarrow c \neq 0; \\ \frac{h^2}{12} \Leftrightarrow c = 0; \end{cases} \tag{35}$$

Taking these results in (29) we obtain the high order exponential scheme, for constant and nonzero coefficients:  $a, c = \text{constants}$ .

### 3.2 EHOC when the ECD coefficients are variable

For the case of variable coefficients, we rewrite (30) with the coefficients  $\alpha$  and  $c$  applied at a point  $i$ :

$$-\alpha_i \delta_h^2 u_i + c_i \delta_h u_i = \gamma_1 (-au_{xx} + c_i u_x)_i + \gamma_2 (-au_{xx} + c_i u_x)_{x_i} + \gamma_3 (-au_{xx} + c_i u_x)_{x_{x_i}}. \quad (36)$$

Applying the same concepts and formulations applied to equation with constant coefficients, we find:

$$(\gamma_1 - 1) c_i = 0 \longrightarrow \gamma_1 = 1; \quad (37)$$

$$-\gamma_1 a + \gamma_2 c_i + \alpha_i = 0 \longrightarrow \gamma_2 = \begin{cases} \frac{a-\alpha_i}{c_i} \Leftrightarrow c_i \neq 0; \\ 0 \Leftrightarrow c_i = 0; \end{cases} \quad (38)$$

$$-\gamma_2 a + \gamma_3 c_i - \frac{c_i h^2}{6} = 0 \longrightarrow \gamma_3 = \begin{cases} \frac{a(a-\alpha_i)}{c_i} + \frac{h^2}{6} \Leftrightarrow c \neq 0; \\ \frac{h^2}{12} \Leftrightarrow c_i = 0; \end{cases} \quad (39)$$

In view of this, using the equation (10) and its Taylor series expansion, we can find an equation similar to the schema found above:

$$-au_{xx} + cu_x - 2\gamma_3 c_x u_{xx} - (\gamma_2 c_x + \gamma_3 u_{xx}) u_x + O(h^4) = f, \quad (40)$$

where  $c_x = -\frac{c_i h^2}{12a}$ ; and  $c_{xx} = \frac{h^2}{12}$  and note that now (27) needs to be rewritten applied at a point  $i$  as follows:

$$\alpha_i = \left(\frac{c_i h}{2}\right) \coth\left(\frac{c_i h}{2a}\right) \Leftrightarrow c_i \neq 0; \quad e \quad \alpha_i = a \Leftrightarrow c_i = 0; \quad (41)$$

Rearranging the equation (40) has:

$$-(a - 2\gamma_3 c_x) u_{xx} + (c + \gamma_2 c_x + \gamma_3 c_{xx}) u_x + O(h^4) = f$$

using equalities  $A_m = (a - 2\gamma_3 c_x)$  and  $C_m = (c + \gamma_2 c_x + \gamma_3 c_{xx})$  we have:

$$-A_m u_{xx} + C_m u_x = f$$

It is seen that the equations 10 and 42 have the same shape and are  $O(h^4)$ , to construct the EHOC scheme for the studied problem. Thus, if applying at a point  $i$ , it can be written that:

$$-A_{f_i} u_{xx_i} + C_{f_i} u_{x_i} = \Gamma_1 f_i + \Gamma_2 f_{x_i} + \Gamma_3 f_{xx_i}, \quad (43)$$

which resolving the similarity of what has been done previously, is:

$$A_{f_i} = \begin{cases} \frac{C_{f_i} h}{2} \coth\left(\frac{C_{f_i} h}{2A_m}\right) & \Leftrightarrow C_{f_i} \neq 0; \\ A_m & \Leftrightarrow C_{f_i} = 0; \end{cases}, \quad (44)$$

where

$$\Gamma_1 = 1; \tag{45}$$

$$\Gamma_2 = \begin{cases} \frac{A_m - A_{f_i}}{C_{f_i}} & \Leftrightarrow C_{f_i} \neq 0; \\ 0 & \Leftrightarrow C_{f_i} = 0; \end{cases} \tag{46}$$

$$\Gamma_3 = \begin{cases} \frac{A_m(A_m - A_{f_i})}{c} + \frac{h^2}{6} & \Leftrightarrow C_{f_i} \neq 0; \\ \frac{h^2}{12} & \Leftrightarrow C_{f_i} = 0; \end{cases} \tag{47}$$

(TIAN; GE, 2007) ensures that the scheme formed by the equations of (43) to (47) produces a diagonally dominant tridiagonal system, is an EHO whose solution incorporates an additional artificial perturbation in the diffusive coefficient of  $a \left[ \frac{C_m h}{2a} \coth \frac{C_m h}{2A_m} - 1 \right]$ , a perturbation in the coefficient of the same convection as  $\gamma_2 c_x + \gamma_3 c_{xx}$  and an additional perturbation in the source term equal to  $\Gamma_2 f_x + \Gamma_3 f_{xx}$ .

#### 4 EXTENSION OF EHO SCHEMES FOR TRANSIENT ECD

In order to extend the high order exponential schemes deduced in the previous section to the transient convection-diffusion equation, (TIAN; YU, 2001), (TU et al., 2018), (??), (MAHDI, 2011) and (AMARAL, 2018) where the function  $u$  it's not just space dependent but also time dependent, like  $u(x, t)$ . For this, simply change in (29), when the coefficients are constant,  $u(x)$  by  $u(x, t)$  and  $f(x)$  by  $-\frac{\partial u}{\partial t} + g(x, t)$ . therefore

$$-\alpha \delta_h^2 u_i^n + c \delta_h u_i^n = (\gamma_1 + \gamma_2 \delta_x + \gamma_3 \delta_x^2) \left( -\frac{\partial u}{\partial t} + g(x, t) \right). \tag{48}$$

Developing the terms, it has:

$$\begin{aligned} & \left( \frac{\gamma_3}{h^2} - \frac{\gamma_2}{2h} \right) \left[ \frac{\partial u}{\partial t} - g(x, t) \right]_{i-1}^n + \left( 1 - \frac{2\gamma_3}{h^2} \right) \left[ \frac{\partial u}{\partial t} - g(x, t) \right]_i^n \\ & + \left( \frac{\gamma_3}{h^2} + \frac{\gamma_2}{2h} \right) \left[ \frac{\partial u}{\partial t} - g(x, t) \right]_{i+1}^n \\ & = \left( \frac{\alpha}{h^2} + \frac{c}{2h} \right) u_{i-1}^n - \frac{2\alpha}{h^2} u_i^n + \left( \frac{\alpha}{h^2} - \frac{c}{2h} \right) u_{i+1}^n \\ & + O(h^4). \end{aligned} \tag{49}$$

See the equation above, it is verified that it forms a system along with the initial condition:

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad x \in [0, 1], \tag{50}$$

and with boundary conditions like as pure Dirichlet type:

$$u(0, t) = p_1, \quad u(1, t) = p_2, \quad t \in (0, T], \tag{51}$$

or boundary conditions as pure Neumann type:

$$\left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x_0} = g_1(t) \quad \text{em} \quad x = x_0 = 0; \quad \left( \frac{\partial u}{\partial x} \right)_{x_N} = g_2(t) \quad \text{em} \quad x = x_N = 1; \tag{52}$$

or mixed contour conditions of the Neumann and Dirichlet type:



$$u(0, t) = p_1; \quad \left(\frac{\partial u}{\partial x}\right)_{x_N} = g_2(t) \quad \text{em} \quad x = x_N = 1; \quad (53)$$

### 5 TREATMENT OF THE INITIAL AND BOUNDARY CONDITIONS

In both transient and stationary ECD cases, the initial and boundary conditions must be treated in order for the resulting EHO scheme to have the desired order.

Now we have to incorporate the boundary conditions in the EHO scheme. If pure Dirichlet boundary conditions are established at both ends, the insertion is automatic since we only have to replace the given values at the ends.

However, when the conditions are Neumann (or mixed), which involves derivatives, one has to guarantee its high order compactness ((?)). For this, we take each boundary condition of the Neumann type and develop its expansion in series, similar to what was done in the equation (36). Thus, considering both ends with Neumann conditions (see (TIAN; YU, 2001), (POLYAKOV et al., 2017), (FU et al., 2018) and (?)), we have the following serial expansions of the boundary conditions given at the extreme  $x = x_0 = 0$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(x_0, t)}{\partial x} &= \frac{u(x_1, t) - u(x_0, t)}{h} + \sigma_1 \frac{h}{2} \frac{\partial^2 u(x_0, t)}{\partial x^2} \\ &+ \sigma_2 \frac{h^2}{2} \frac{\partial^2 u(x_1, t)}{\partial x^2} + \sigma_3 \frac{h^2}{6} \frac{\partial^3 u(x_0, t)}{\partial x^3} + O(h^4), \end{aligned} \quad (54)$$

and in the extreme  $x = x_N = 1$ :

$$\begin{aligned} \frac{\partial u(x_N, t)}{\partial x} &= \frac{u(x_N, t) - u(x_{N-1}, t)}{h} + \sigma_4 \frac{h}{2} \frac{\partial^2 u(x_N, t)}{\partial x^2} \\ &+ \sigma_5 \frac{h^2}{2} \frac{\partial^2 u(x_{N-1}, t)}{\partial x^2} + \sigma_6 \frac{h^2}{6} \frac{\partial^3 u(x_N, t)}{\partial x^3} + O(h^4). \end{aligned} \quad (55)$$

In order to determine the coefficients  $\sigma_i$  in (54) and (55) it will be necessary to apply to each of the above equations a value  $u(x, t)$ , which is an exact solution locally (boundary conditions are local); for both local solutions are normal and exponential monomials, as well as trivial solutions.

Thus, by replacing in the above formulas the variable  $U(x, t)$  by the set of solutions  $\{1, x, x^2, x^3, e^{cx/a}\}$  of each instead of taking into account that the derivatives that appear in (54) and (55) need to be developed, it has:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u(x_0, t)}{\partial x^2} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial u}{\partial x} - F \right)_{x_0} = \frac{c}{a} g_1 - \frac{1}{a} F_0; \\ \frac{\partial u(x_N, t)}{\partial x} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial u}{\partial x} - F \right)_{x_N} = \frac{c}{a} g_2 - \frac{1}{a} F_N; \end{aligned} \quad (56)$$

and

$$\begin{aligned} \frac{\partial^3 u(x_0, t)}{\partial x^3} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial F}{\partial x} \right)_{x_0} = \frac{c^2}{a^2} g_1 - \frac{c}{a} F_{x_0} - \frac{1}{a} \left( \frac{\partial F}{\partial x} \right)_{x_1}; \\ \frac{\partial^3 u(x_N, t)}{\partial x^3} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\partial F}{\partial x} \right)_{x_N} = \frac{c^2}{a^2} g_1 - \frac{c}{a} F_{x_N} - \frac{1}{a} \left( \frac{\partial F}{\partial x} \right)_{x_N}. \end{aligned} \quad (57)$$

Taking the expressions (56) and (57) into (54) and (55) and replacing  $u$  with the set of solutions,  $\eta = ch/a$  is the coefficients, first those due to the Neumann condition on the left edge:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{1}{2} + \beta_1, & \sigma_2 &= -\beta_1, & \sigma_3 &= -\frac{1}{6} + \beta_1, \\ \therefore \beta_1 &= \begin{cases} \frac{1}{\eta^2} + \frac{3+\eta}{6(\eta+1-e^\eta)} & \Leftrightarrow c \neq 0; \\ \frac{1}{12} & \Leftrightarrow c = 0; \end{cases} \end{aligned} \tag{58}$$

and now the values of the coefficients due to Neumann boundary condition on the right edge:

$$\begin{aligned} \sigma_4 &= \frac{1}{2} - \beta_2, & \sigma_5 &= \beta_2, & \sigma_6 &= \frac{1}{6} - \beta_2, \\ \therefore \beta_2 &= \begin{cases} \frac{1}{\eta^2} + \frac{3-\eta}{6(-\eta+1-e^{-\eta})} & \Leftrightarrow c \neq 0; \\ \frac{1}{12} & \Leftrightarrow c = 0; \end{cases} \end{aligned} \tag{59}$$

For the sake of simplification, we can substitute the coefficients in (54) and in (55); Thus, let Taylor serially develop the parameters  $\beta_1$  e  $\beta_2$ ; taking as variable the term  $\eta$ , since, being the parameters  $c$  and  $a$  constant, the fact variable is the parameter  $h$ . Thus, there are respectively:

$$\begin{aligned} \beta_1 &= \frac{1}{12} - \frac{\eta}{90} - \frac{\eta^2}{2160} + \frac{\eta^3}{11340} \\ &+ \frac{17\eta^4}{1360800} - \frac{\eta^5}{2041200} - \frac{23\eta^6}{97977600} + O(h^7); \\ \beta_2 &= \frac{1}{12} + \frac{\eta}{90} - \frac{\eta^2}{2160} - \frac{\eta^3}{11340} \\ &+ \frac{17\eta^4}{1360800} + \frac{\eta^5}{2041200} - \frac{23\eta^6}{97977600} + O(h^7). \end{aligned} \tag{60}$$

Truncating the above series in order to have  $O(h^2)$  due to the fact that the expressions (54) and (55) are already  $O(h^4)$ , we have the rewritten coefficients  $\sigma_i$ , just for comprehension purposes, as (since in the final formulation the former expression of  $\sigma_i$  generic):

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{1}{2} + \beta_1 = \frac{7}{12} - \frac{c}{90a}h; & \sigma_2 &= -\beta_1 = -\frac{1}{12} - \frac{c}{90a}h; \\ \sigma_3 &= -\frac{1}{6} + \beta_1 = -\frac{1}{12} - \frac{c}{90a}h; & \sigma_4 &= \frac{1}{2} - \beta_2 = \frac{5}{12} - \frac{c}{90a}h; \\ \sigma_5 &= \beta_2 = \frac{1}{12} + \frac{c}{90a}h; & \sigma_6 &= \frac{1}{6} - \beta_2 = \frac{1}{12} - \frac{c}{90a}h. \end{aligned}$$

Before replacing in (54) and (55), it is necessary to find the definitive expressions of the second and third derivatives that appear in these equations. Thus, namely, in the expression due to the left Neumann boundary conditions, the second derivatives appear in  $x_0$  and  $x_1$ , and the third derivative in  $x_0$ , which below we detail:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u(x_0, t)}{\partial x^2} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} + \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right)_{x_0} = \frac{c}{a} g_1(t) + \frac{1}{a} \left( \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right)_{x_0}; \\ \frac{\partial^3 u(x_0, t)}{\partial x^3} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + \frac{1}{a} \frac{\partial u}{\partial t} \right)_{x_0} = \frac{c^2}{a^2} g_1(t) + \frac{c}{a} \left( \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right)_{x_0} + \frac{1}{a} g_1'(t); \end{aligned} \tag{61}$$

To develop the second derivative at the point  $x = x_1$ , it is replaced by the remainder of the terms of the homogeneous ECD equation, where it contains a derivative  $\frac{\partial u}{\partial x}$  and in this case it is necessary to develop the function  $u(x, t)$  in series and to apply on it the derivative; In doing so, we see that

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u(x_1, t)}{\partial x^2} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} + \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right)_{x_1} \\ &= \frac{c}{a} \left( c \frac{\partial}{\partial x} \left( u(x|0], t) + hu'(x_0, t) + \frac{h^2}{2} u''(x_0, t) \right) \right) + \frac{1}{a} \frac{\partial u(x_1, t)}{\partial t} \\ &= \frac{c}{a} g_1(t) + \frac{ch}{a} \frac{\partial^2 u(x_0, t)}{\partial x^2} + \frac{ch^2}{2a} \frac{\partial^3 u(x_0, t)}{\partial x^3} + \frac{1}{a} \frac{\partial u(x_1, t)}{\partial t}. \end{aligned} \tag{62}$$

In the expression due to the boundary conditions of Neumann on the right, second derivatives appear in  $x_N$  and  $x_{N-1}$ , and a third derivative in  $x_N$ , which will be made below - similar to what was done on the left edge. Like this,

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u(x_N, t)}{\partial x^2} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} + \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right)_{x_N} = \frac{c}{a} g_2(t) + \frac{1}{a} \left( \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right)_{x_N}; \\ \frac{\partial^3 u(x_0, t)}{\partial x^3} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x^2} + \frac{1}{a} \frac{\partial u}{\partial t} \right)_{x_N} = \frac{c^2}{a^2} g_2(t) + \frac{c}{a} \left( \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right)_{x_N} + \frac{1}{a} g_2'(t); \end{aligned} \tag{63}$$

Similarly to what has already been done on the left edge, the second derivative must be developed at the point  $x = x_{N-1}$ , it is replaced by the equation, where it contains a derivative  $\partial u \partial x$  and in this case we need to develop the function  $u(x, t)$  in series and apply the derivative on it; In doing so, we see that

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u(x_{N-1}, t)}{\partial x^2} &= \frac{1}{a} \left( c \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} + \frac{\partial u(x, t)}{\partial t} \right)_{x_{N-1}} \\ &= \frac{c}{a} \left( c \frac{\partial}{\partial x} \left( u(x|N], t) + hu'(x_N, t) + \frac{h^2}{2} u''(x_N, t) \right) \right) + \frac{1}{a} \frac{\partial u(x_{N-1}, t)}{\partial t} \\ &= \frac{c}{a} g_2(t) + \frac{ch}{a} \frac{\partial^2 u(x_N, t)}{\partial x^2} + \frac{ch^2}{2a} \frac{\partial^3 u(x_N, t)}{\partial x^3} + \frac{1}{a} \frac{\partial u(x_{N-1}, t)}{\partial t}. \end{aligned} \tag{64}$$

Now we are able to make the definite substitutions of (61) and (62) and other expressions required in (54) and (1):

$$A_e = B_e + C_e; \tag{65}$$

where the auxiliary variables are:

$$\begin{aligned} A_e &= \left[ \left( \frac{1}{2} - \beta_1 \right) \frac{h}{a} + \frac{ch^2}{6a^2} + \beta_1 \frac{c^2 h^3}{2a^3} \right] \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)_0^n + \beta_1 \frac{h}{a} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)_1^n; \\ B_e &= -\frac{1}{h} u_0^n + \frac{1}{h} u_1^n + \left( -1 - \frac{1}{2} \frac{ch}{a} - \frac{c^2 h^2}{6a^2} - \beta_1 \frac{c^3 h^3}{2a^3} \right) g_1(t); \\ C_e &= \left[ \left( -\frac{1}{6} + \beta_1 \right) \frac{h^2}{a} - \beta_1 \frac{ch^3}{2a^2} \right] g_1'(t). \end{aligned}$$

Making similarly for the pertinent equations to the right end of the contour, we find the following expression:

$$A_d = B_d + C_d, \tag{66}$$

where the auxiliary variables are:

$$A_d = \beta_2 \frac{h}{a} \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)_{N-1}^n + \left[ \left( \frac{1}{2} - \beta_2 \right) \frac{h}{a} - \frac{ch^2}{a^2} + \beta_2 \frac{c^2 h^3}{2a^3} \right] \left( \frac{\partial u}{\partial t} \right)_N^n;$$

$$B_d = \frac{1}{h} u_{N-1}^n - \frac{1}{h} u_N^n + \left( 1 - \frac{ch}{2a} + \frac{c^2 h^2}{6a^2} - \beta_2 \frac{c^3 h^3}{2a^3} \right) g_2(t);$$

$$C_d = \left[ \left( \frac{1}{6} - \beta_1 \right) \frac{h^2}{a} - \beta_2 \frac{ch^3}{2a^3} \right] g_2''(t).$$

These are the EHOE equations.

From the above equations, we can see that they form a system of first order ordinary differential equations, given by:

$$\begin{cases} \mathbf{A} \left( \frac{d\mathbf{U}(t)}{dt} \right) = \mathbf{B}\mathbf{U}(t) + \mathbf{g}; \\ \mathbf{U}(0) = \varphi_0. \end{cases} \tag{67}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{U}_i^0 &= \varphi_{xi}, i = 0, 1, \dots, N + 1; \\ \mathbf{U}_0^n &= p_1(t_n), \\ \mathbf{U}_{N+1}^n &= p_2(t_n), \quad n = 1, 2, \dots, M. \end{aligned} \tag{68}$$

The matrix  $A$ , without bound boundary conditions, has the following form:

$$\mathbf{A} = \text{tridiag}(\zeta_1, \zeta_2, \zeta_3) \begin{bmatrix} \zeta_2 & \zeta_3 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \zeta_1 & \zeta_2 & \zeta_3 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \zeta_1 & \zeta_2 & \zeta_3 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ \vdots & \dots & 0 & \zeta_1 & \zeta_2 & \zeta_3 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & \zeta_1 & \zeta_2 \end{bmatrix},$$

being that

$$\begin{aligned} \zeta_1 &= \left( \frac{\gamma_3}{h^2} - \frac{\gamma_2}{2h} \right); \zeta_2 = \left( 1 - \frac{2\gamma_3}{h^2} \right); \zeta_3 = \left( \frac{\gamma_3}{h^2} + \frac{\gamma_2}{2h} \right); \\ a_1 &= \left[ \left( \frac{1}{2} - \beta_1 \right) \frac{h}{a} + \frac{ch^2}{6a^2} + \beta_1 \frac{c^2 h^3}{2a^3} \right]; \\ a_{N+1} &= \left[ \left( \frac{1}{2} - \beta_2 \right) \frac{h}{a} + \frac{ch^2}{6a^2} + \beta_2 \frac{c^2 h^3}{2a^3} \right] \end{aligned} \tag{69}$$

With the coefficients  $\gamma_2$  and  $\gamma_3$  given respectively by the equations (38) and (39). The matrix  $\mathbf{B}$  is succinctly given by:

$$\mathbf{B} = \text{tridiag}(\chi_1, \chi_2, \chi_3) \begin{bmatrix} \chi_2 & \chi_3 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ \chi_1 & \chi_2 & \chi_3 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \chi_1 & \chi_2 & \chi_3 & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \ddots & \ddots & 0 \\ \vdots & \dots & 0 & \chi_1 & \chi_2 & \chi_3 \\ 0 & \dots & \dots & 0 & \chi_1 & \chi_2 \end{bmatrix},$$

being that

$$\chi_1 = \left(\frac{\alpha}{h^2} + \frac{c}{2h}\right); \quad \chi_2 = \left(1 - \frac{2\alpha}{h^2}\right); \quad \chi_3 = \left(\frac{\alpha}{h^2} - \frac{c}{2h}\right); \quad (70)$$

In (TIAN; YU, 2001), (FU *et al.*, 2018) and (CUI, 2015) we find that the matrices **A** and **B** are strictly diagonally dominant and thus are non-singular, admitting the existence of inverse. Then, from (67) one can do:

$$\begin{cases} \frac{d\mathbf{U}(t)}{dt} = \mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}\mathbf{U}(t) + \mathbf{A}^{-1}\mathbf{g}; \\ \mathbf{U}(0) = \varphi_0; \end{cases} \quad (71)$$

The exact solution of this system is

$$\mathbf{U}(t) = -\mathbf{B}^{-1}\mathbf{g} + \exp(t\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}) (\mathbf{U}(0) + \mathbf{B}^{-1}\mathbf{g}), \quad (72)$$

and, by similarity, obeys the following recurrence relation (substituting the terms **U**(*t*) by **U**(*t<sub>n</sub>* + Δ*t*) and **U**(0) by **U**(*t<sub>n</sub>*):

$$\mathbf{U}(t_n + \Delta t) = -\mathbf{B}^{-1}\mathbf{g} + \exp(t\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}) (\mathbf{U}(t_n) + \mathbf{B}^{-1}\mathbf{g}), \quad (73)$$

rearranging to put the term **U**(*t<sub>n</sub>*) in evidence, so one has:

$$\mathbf{U}(t_n + \Delta t) = (\exp(\Delta t\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}) - \mathbf{I}) \mathbf{B}^{-1}\mathbf{g} + \exp(\Delta t\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}) (\mathbf{U}(t_n)). \quad (74)$$

By doing the serial expansion of the term **U**(**t**) in time *t* = *t<sub>n</sub>* + Δ*t*,

$$\begin{aligned} \mathbf{U}(t_n + \Delta t) &= \left(1 - \Delta t \frac{d}{dt} + \frac{\Delta t^2}{2!} \frac{d^2}{dt^2} + \dots\right) \mathbf{U}(t) \\ &= \exp\left(\Delta t \frac{d}{dt}\right) \mathbf{U}(t). \end{aligned} \quad (75)$$

In order to find the recurrence relation of the implicit system in its final form, the Padé approximation will be used (note that the exponential function is approximated by rational fractions, somewhat analogous to the approximation by polynomials with integer series; the polynomials form a sequence, the Padé approximations define a dual input matrix called the Padé table, in which the approximate index (*p*, *q*) is in the *p*-column and in the *q*-line, for the discretization of time - see (ZHOU *et al.*, 2015):

$$\begin{aligned} \exp\left(\Delta t \frac{d}{dt}\right) &= \frac{1 + \frac{1}{2}(\Delta t \frac{d}{dt}) + \frac{1}{12}(\Delta t \frac{d}{dt})^2}{1 - \frac{1}{2}(\Delta t \frac{d}{dt}) + \frac{1}{12}(\Delta t \frac{d}{dt})^2} \\ \exp(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) &= \frac{\left[\mathbf{I} + \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right]}{\left[\mathbf{I} - \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right]}. \end{aligned} \tag{76}$$

Note that  $\mathbf{I}$  is the identity matrix of order  $N - 1$ . Taking (76) into (74), one has:

$$\begin{aligned} \mathbf{U}(t_n + \Delta t) &= \left( \frac{\left[\mathbf{I} + \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right]}{\left[\mathbf{I} - \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right]} - \mathbf{I} \right) \mathbf{B}^{-1} \mathbf{g} \\ &+ \left( \frac{\left[\mathbf{I} + \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right]}{\left[\mathbf{I} - \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right]} \right) \mathbf{U}(t_n). \end{aligned} \tag{77}$$

By calling  $\mathbf{U}(t_n + \Delta t)$  of  $\mathbf{U}^{n+1}$  and  $\mathbf{U}(t_n)$  of  $\mathbf{U}^n$  in the above formula, and rearranging it will have the final expression of the high-order exponential scheme for the convection- 1D transient, with truncation error of the order of  $O \Delta t^4, h^4$ :

$$\begin{aligned} \mathbf{U}^{n+1} &= \left( \left[\mathbf{I} - \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right]^{-1} \left[\mathbf{I} + \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right] - \mathbf{I} \right) \mathbf{B}^{-1} \mathbf{g} \\ &+ \left( \left[\mathbf{I} - \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right]^{-1} \left[\mathbf{I} + \frac{1}{2}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12}(\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2\right] \right) \mathbf{U}(t_n). \end{aligned} \tag{78}$$

## 6 CONVERGENCE AND STABILITY

The importance of the convergence and stability of the schemes in finite differences is indisputable, without which it would not be possible to develop new schemes of any order of precision. Some definitions are fundamental to understanding convergence and stability, namely (??):

**Definicao 1.** A finite difference scheme  $L_k^n = G_k^n$  approaching a partial differential equation  $Lv = F$  is a convergent point-by-point schema when both  $(k\Delta x, (n + 1)\Delta t)$  and  $v_n^k$  converges simultaneously to  $(x, t)$  and to  $v(x, t)$  for any  $x$  and  $t$ , and  $\Delta x$  and  $\Delta t$  converge to 0.

**Definicao 2.** A finite difference scheme  $L_k^n = G_k^n$  approaching a partial differential equation  $Lv = F$  is a convergent schema in time  $t$ , when  $((n + 1)\Delta t) \rightarrow t$ , it's also valid,

$$\|\mathbf{u}^{n+1} - \mathbf{v}^{n+1}\| \rightarrow 0, \tag{79}$$

when  $\Delta x \rightarrow 0$  e  $\Delta t \rightarrow 0$ .

Note that in the above definition, the standard used has not been defined, because under different circumstances, specific standards may be used, but the definition, in a generic sense, remains valid. When one wants to discuss the speed with which a scheme converges, that is, what order of convergence, the following definition is used:

**Definicao 3.** A finite difference scheme  $L_k^n = G_k^n$  approaching a partial differential equation

$Lv = F$  is a convergent schema of order  $(p, q)$  if for any time  $t$ , if when  $((n + 1)\Delta t) \rightarrow t$ , is also valid.

$$\|\mathbf{u}^{n+1} - \mathbf{v}^{n+1}\| = O(\Delta x^p) + O(\Delta t^q), \tag{80}$$

when  $\Delta x \rightarrow 0$  and  $\Delta t \rightarrow 0$ .

When we have boundary value problems with initial conditions, convergence will depend on the partitioning of space. So, in general, if you set the space in a  $[0, 1]$  range, so that the partition  $\{\Delta x_j\}$  to  $j = 1, \dots$  so that when  $\Delta x \rightarrow 0$  has  $j \rightarrow \infty$ . In general, if  $[0, 1]$  has  $M$  discrete points, then  $\Delta x = 1/M$ .

Now, if the space being worked is a normalized linear space of finite dimension, associated with the increment  $\Delta x_j$ , which can be denoted by  $X_j$  with associated norm  $\|\cdot\|_j$ , then the definition of convergence for this initial value problem with boundary values will be given by.

**Definicao 4.** A schema in differences approaching an initial value and boundary value problem is a time-convergent schema  $t$  for any partition sequences  $\{\Delta x_j\}$ , when  $((n + 1)\Delta t) \rightarrow t$ , is also valid.

$$\|\mathbf{u}^n - \mathbf{v}^n\|_i \rightarrow 0, \tag{81}$$

when  $i \rightarrow \infty$  and  $\Delta t \rightarrow 0$ .

Remember that, depending on the boundary conditions, the mesh must be adapted, for example:

1 - having Neumann-type boundary conditions at both ends, one must have a uniformly-meshed mesh in  $[0, 1]$  with  $M$  discrete points, in the form

$$\left\{ x_k : x_k = (k - 1) \Delta x + \frac{\Delta x}{2}, k = 1, 2, \dots, M \right\},$$

In this condition, phantoms (not belonging to the domain) are used at the ends:  $x_0 = -\Delta x/2$  e  $x_{M+1} = 1 + \Delta x/2$ ;

2 - if it is the case of having Neumann boundary condition at the extreme  $x = 0$  and Dirichlet boundary condition at  $x = 1$  there will be a partition of the form:

$$\left\{ x_k : x_k = (k - 1) \Delta x + \frac{\Delta x}{2}, k = 1, 2, \dots, M \right\},$$

where  $\Delta x = 2/(2M - 1)$ .

In order to study the consistency, before denoting the partial differential equation in  $Lv = F$  by a finite difference scheme  $L_k^n = G_k^n$  where  $G_k^n$  denotes the approximation that was performed in the source term, it is necessary to define:

**Definicao 5.** The finite difference scheme  $L_k^n = G_k^n$  is consistent point-to-point with the partial differential equation  $Lv = F$  at a point  $(x, t)$  if for any smooth functions  $\phi = \phi(x, t)$ , the relation below is true

$$(\mathcal{L}\phi - F) \cdot k^n - [L_k^n \phi(k\Delta x, n\Delta t) - G_k^n], \tag{82}$$

when  $\Delta x \rightarrow 0, \Delta t \rightarrow 0$  e  $(k\Delta x, (n + 1)\Delta t) \rightarrow (x, t)$ , it is also valid.

The consistency test by choosing  $\phi$  to be  $v$  solution in the chosen partial differential equation, the

$$L_k^n v_k^n - G_k^n \rightarrow 0 \quad \text{quando} \quad \Delta x, \Delta t \rightarrow 0$$

With this, it can be written that the difference scheme (assuming that the EDP has derived in the first order time, as in the ECD) as:

$$\mathbf{u}^{n+1} = Q\mathbf{u}^n + \Delta t \mathbf{G}^n \tag{83}$$

with

$$\begin{aligned} \mathbf{u}^n &= (\dots, u_{-1}^n, u_0^n, u_1^n, \dots)^T \\ \mathbf{G}^n &= (\dots, G_{-1}^n, G_0^n, G_1^n, \dots)^T \end{aligned} \tag{84}$$

being  $Q$  an operator acting appropriately in space. In this way, thus understanding, one can define strongly consistency as follows:

**Definicao 6.** *The difference scheme (83) is said to be consistent with EDP in a norm  $\|\cdot\|$  if the EDP solution,  $\mathbf{v}$ , satisfies:*

$$\mathbf{v}^{n+1} = Q\mathbf{v}^n + \Delta t \mathbf{G}^n + \Delta t \tau^n \quad \therefore \quad \|\tau^n\| = 0, \tag{85}$$

when  $\Delta x, \Delta t \rightarrow 0$  and more  $\mathbf{v}^n$  represents the vector whose  $k$ -th component is  $v(k\Delta x, n\Delta t)$

It is convenient to remember that the truncation term  $\tau^n$  contains both the truncation due to the approximation of  $L$  by  $L_k^n$  as the truncation due the approximation of the source term  $F$ .

Note that the approximation of the  $F$  function contributes the truncation term, and a bad or not very good approximation of  $F$  will always lead to the schema losing precision orders, which is very bad.

**Definicao 7.** *The difference scheme (83) is said to be precise of the order  $(p, q)$  to a given EDP if, in the limit:*

$$\|\tau^n\| = O(\Delta x^p) + O(\Delta t^q), \tag{86}$$

where  $\tau^n$  or  $\|\tau^n\|$  refers to the truncation error.

Note that by 5 the condition of functions with softness assumptions always needs to be checked, since this condition is a necessary condition for calculating the consistency of the finite difference schemes.

As seen, most of the schemes that are used in practice are consistent. The main problem with proving convergence is to achieve stability. Although stability is much easier to establish than convergence, it is still difficult to prove that a given scheme is stable. Stability is defined for a two-level difference scheme of the shape:

$$\mathbf{u}^{n+1} = Q\mathbf{u}^n, \quad n \geq 0 \tag{87}$$

which generally serves to solve a given initial value problem in which, in general, it includes a homogeneous linear partial differential equation.

**Definicao 8.** *The difference scheme (87) is said to be stable with respect to norm  $\|\cdot\|$  if there are positive constants  $\Delta x_0$  and  $\Delta t_0$  non-negative constants  $K$  and  $\beta$  which:*



$$\|\mathbf{u}^{n+1}\| \leq K e^{\beta t} \|\mathbf{u}^0\|, \tag{88}$$

to  $0 \leq t = (n + 1)\Delta t$ ,  $0 < \Delta x \leq \Delta x_0$  and more  $0 < \Delta t \leq \Delta t_0$

Note that, just like the definitions of convergence and consistency, the definition of stability is given in terms of a norm. As it was in the case of convergence and consistency, this standard may vary depending on the situation. Also note that the stability setting actually allows the solution to grow. We should note that the solution can grow over time, not with the number of time steps. Note also that stability is defined by a homogeneous behavior of the difference scheme.

As stated above all contributions of the non-homogeneous term will be and will be contained in the truncation term  $\tau^n$ . Just to fix, any discussion about stability of a non-homogeneous scheme of differences, we must consider the stability of the associated homogeneous scheme.

Note that both the stability and the consistency of the finite difference schemes are required for the convergence of the numerical solution to the exact solution of a linear EDP. To see how these concepts are connected, there are two theorems, which will be presented without demonstration:

**Teorema 1** (Lax-Richtmyer Equivalence Theorem). *A two-level, consistent scheme for a well-situated linear problem of initial value is convergent if and only if it is stable.*

**Teorema 2** (Lax’s Theorem). *If a finite difference scheme on two levels*

$$\mathbf{v}^{n+1} = Q\mathbf{v}^n + \Delta t\mathbf{G}^n \tag{89}$$

*is consistent and accurate in order (p, q) in the norm  $\|\cdot\|$  to a well-linear problem of initial value with respect to this same norm, then it converges to order (p, q) with respect to this same norm  $\|\cdot\|$ .*

One of the hypotheses of the Lax-Richtmyer Equivalence Theorem and the Lax Theorem is that the initial value problem is well set (with its boundary conditions defined), so it is called if it depends continuously on its initial conditions. The proof of this theorem can be found in (??).

The Lax equivalence theorem does not ensure the consistency-convergence-stability relation for nonlinear partial differential equations, such as the Navier-Stokes equations. However, it provides us with the perception that satisfying stability and consistency is important for the development of convergent finite difference methods to solve fluid flow problems.

### 6.1 Stability of the Step-by-Step in Time

To characterize the stability of the step-by-step advance in time (or integration in time), be the model below, with  $f$  only function of time  $t$  (KAJISHIMA; TAIRA, 2016):

$$\frac{df}{dt} = \lambda f, \quad \text{com } f(t_0) = 1 \tag{90}$$

where  $\lambda$  must be complex  $= -\omega^2$ , since it represents a possible natural frequency of the system. This model can capture the fundamental behavior of many differential equations, including the convectiondiffusion equation. The solution of the model (90) is:

$$f(t) = e^{\lambda t} = e^{\Re(\lambda)t} [\cos(\Im(\lambda)t) + i \sin(\Im(\lambda)t)]. \tag{91}$$

Note that  $\Re(\cdot)$  and  $\Im(\cdot)$  mean the real part and the imaginary part of a complex, respectively. Analysis of the above expression shows that this solution can be stable when  $\lim_{t \rightarrow 0} |f(t)| = 0$ ,  $\leftarrow \Re(\lambda) < 0$ ; unstable if  $\Re(\lambda) > 0$  or still neutral if  $\Re(\lambda) = 0$ . It is also seen that the part  $\Re(\lambda)$  and the

imaginary part  $\Im(\lambda)$  respectively capture the diffusive and advective behaviors in the solution found. In order to continue the stability test, a time-forward method is chosen, which, for simplicity, will first of all choose the explicit Euler method; for this method the recurrence relation is:

$$f^{n+1} = (1 + \lambda\Delta t) f^n = (1 + \lambda\Delta t)^n f^0. \tag{92}$$

It is known that for this method to be stable it is necessary that

$$|1 + \lambda\Delta t| < 1 \tag{93}$$

which geometrically symbolizes that any values of  $\lambda\Delta t$  that are inside a circle centered on  $-1$  in the plane of the complexes, the method is stable. Doing the same for the textit Crank-Nicolson method, one has:

$$\begin{aligned} f^{n+1} &= f^n + \left(\frac{\lambda}{2}\Delta t\right) (f^n + f^{n+1}) \\ &= \frac{1 + \frac{\lambda}{2}\Delta t}{1 - \frac{\lambda}{2}\Delta t} f^n \end{aligned} \tag{94}$$

That for reasons identical to that used in the Euler method, the Crank-Nicolson Method requires that the following relationship be fulfilled to be stable:

$$\left| \frac{1 + \frac{\lambda}{2}\Delta t}{1 - \frac{\lambda}{2}\Delta t} \right| < 1 \Rightarrow \Re(\lambda\Delta t) < 0 \tag{95}$$

This, in fact, means that the Crank-Nicolson method will be stable for any value of  $\lambda\Delta t$  that is to the left of the half plane of the plane of the complexes. By doing the same for, for example, the second-order Runge-Kutta method, we will have to be stable, the following relations respectively:

$$\begin{aligned} f^{n+1} &= \left[ 1 + \lambda\Delta t + \frac{(\lambda\Delta t)^2}{2} \right] f^n \\ \Rightarrow \left| 1 + \lambda\Delta t + \frac{(\lambda\Delta t)^2}{2} \right| &< 1 \end{aligned} \tag{96}$$

In (KAJISHIMA; TAIRA, 2016) (pp. 54) the regions where the various methods, among the most wellknown, step-by-step methods of time are stable, are shown graphically. In its analysis it is observed that if advection is preponderant the method of integration in the time must cover the imaginary axis, being recommended methods of order greater or equal to 3; if on the other hand, diffusion is preponderant, we need methods that increase stability by covering the left side of the complex plane and then higher order methods are recommended.

### 6.2 Stability of EHOc

For the EHOc scheme, the amplification matrix, according to (FU et al., 2018), is given by the matrix  $\Phi$ , common in (78):

$$\Phi = \left( \left[ \mathbf{I} - \frac{1}{2} (\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12} (\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2 \right]^{-1} \left[ \mathbf{I} + \frac{1}{2} (\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B}) + \frac{1}{12} (\Delta t \mathbf{A}^{-1} \mathbf{B})^2 \right] \right) \tag{97}$$

If  $\lambda$  are the eigenvalues of the matrix  $\mathbf{A}^{-1}\mathbf{B}$ , then the eigenvalues of  $\Phi$  can be calculated by the following expression:

$$\Phi = \left[ 1 - \frac{1}{2} (\Delta t \lambda_i) + \frac{1}{12} (\Delta t \lambda_i)^2 \right]^{-1} \left[ 1 + \frac{1}{2} (\Delta t \lambda_i) + \frac{1}{12} (\Delta t \lambda_i)^2 \right] \quad (98)$$

According to (DEHGHAN; MOHEBBI, 2008) if the real part of  $\lambda$ ,  $\Re(\lambda)$  is negative, then we can prove that the EHOc schema under analysis is unconditionally stable:

$$\max_{\lambda_i} \left| \frac{\left[ 1 + \frac{1}{2} (\Delta t \lambda_i) + \frac{1}{12} (\Delta t \lambda_i)^2 \right]}{\left[ 1 - \frac{1}{2} (\Delta t \lambda_i) + \frac{1}{12} (\Delta t \lambda_i)^2 \right]} \right| \leq 1 \quad (99)$$

In (TIAN; YU, 2001) and (FU et al., 2018) there are theorems and deductions from the above assertion.

## REFERENCES

- AMARAL, H. M. C. *Análise de Métodos de Alta Ordem de Precisão em Esquemas Exponenciais em Diferenças Finitas para solução de Equação da Advecção-Difusão*. Tese (candthesis) — Faculdade de Engenharia Mecânica - FEM - UNICAMP, dec 2018. 2, 3, 5, 9
- CAO, F.; GE, Y.; SUN, H.-W. Partial semi-coarsening multigrid method based on the hoc scheme on nonuniform grids for the convection–diffusion problems. *International journal of Computer Mathematics, Taylor & Francis*, v. 94, n. 12, p. 2356–2372, 2017. 5
- CUI, M. A high-order compact exponential scheme for the fractional convection-diffusion equation. *Journal of Computational and Applied Mathematics, Elsevier*, v. 255, p. 404–416, 2014. 3
- CUI, M. Compact exponential scheme for the time fractional convection–diffusion reaction equation. with variable coefficients. *journal of Computational Physics, Elsevier*, v. 280, p. 143–163, 2015. 5, 13
- DEHGHAN, M.; MOHEBBI, A. High-order compact boundary value method for the solution of unsteady convection–diffusion problems. *Mathematics and Computers in Simulation, Elsevier*, v. 79, n. 3, p. 683–699, 2008. 18
- FU, Y.; TIAN, Z.; LIU, Y. A compact exponential scheme for solving 1d unsteady convection-diffusion equation with neumann boundary conditions. *arXiv preprint arXiv:1805.05728*, 2018. 3, 5, 7, 9, 13, 17, 18
- JHA, N.; KUMAR, N. A fourth-order accurate quasi-variable mesh compact finite-difference scheme for two-space dimensional convection-diffusion problems. *Advances in Difference Equations, Springer*; v. 2017, n. 1, p. 64, 2017. 5
- KAJISHIMA, T.; TAIRA, K. *Computational fluid dynamics: incompressible turbulent flows*. [S.l.]: Springer, 2016. 16, 17
- MAHDI, S. A. Fourth order exponential compact alternating direction implicit (adi) scheme for solving three-dimensional convection-diffusion equations. *Basrah Journal of Science, Basrah University*, v. 29, n. 1A english, p. 111–127, 2011. 5, 9
- MISHRA, N.; YEDIDA, S. V. Efficient exponential compact higher order difference scheme for convection dominated problems. *Mathematics and Computers in Simulation, Elsevier*, v. 82, n. 4, p. 617–628, 2011. 3, 5, 6
- POLYAKOV, S.; KARAMZIN, Y. N.; KUDRYASHOVA, T.; TSYBULIN, I. Exponential difference schemes for solving boundary-value problems for convection-diffusion type equations. *Mathematical Models and Computer Simulations, Springer*, v. 9, n. 1, p. 71–82, 2017. 2, 9
- POLYAKOV, S. V. Exponential difference schemes with double integral transformation for solving convection-diffusion equations. *Mathematical Models and Computer Simulations, Springer*, v. 5, n. 4, p. 338–340, 2013. 5
- SPOTZ, W.; CAREY, G. High-order compact finite difference methods. In: *Preliminary Proceedings International Conference on Spectral and High Order Methods, Houston, TX*. [S.l.: s.n.], 1995. p. 397–408. 3, 4
- SPOTZ, W.; CAREY, G. Extension of high-order compact schemes to time-dependent problems.

*Numerical Methods for Partial Differential Equations: An International journal*, Wiley Online Library, v. 17, n. 6, p. 657–672, 2001. 5

TIAN, Z.; GE, Y. A fourth-order compact adi method for solving two-dimensional unsteady convection–diffusion problems. *journal of Computational and Applied Mathematics*, Elsevier, v. 198, n. 1, p. 268–286, 2007. 5, 7, 8

TIAN, Z. F.; YU, P. X. A high-order exponential scheme for solving 1d unsteady convection-diffusion equations. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, Elsevier, v. 235, n. 8, p. 2477–2491, 2001. 5, 7, 9, 13, 18

TU, J.; YEOH, G. H.; LIU, C. *Computational fluid dynamics: a practical approach*. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 2018. 9

ZHOU, K.; NI, S.; TIAN, Z. Exponential high-order compact scheme on nonuniform grids for the steady mhd duct flow problems with high hartmann number s. *Computer Physics Communications*, Elsevier, v. 196, p. 194–211, 2015. 13

## ***SISTEMA DE TRANSMISSÃO ÓPTICO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS EM MEIOS CONTÍNUOS***

Isabel Maria Souza Ferreira<sup>1</sup>, Clóvis Bosco Mendonça Oliveira<sup>2</sup>, Carlos César Costa<sup>3</sup>,  
Antonio José Silva Oliveira<sup>4</sup>.

### **RESUMO**

Difundir os conhecimentos científicos em uma linguagem acessível têm sido um grande desafio para os pesquisadores. Neste sentido, o investimento em espaços científico-culturais têm crescido no Brasil, pois utilizam a Divulgação Científica (DC) para a transmissão dos conhecimentos científicos, possibilitando ao público, além do conhecimento científico, melhor percepção dos impactos proporcionados pelo progresso científico-tecnológico. Este é o cenário do Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência (Ilha da Ciência), localizado na cidade de São Luís - MA, onde atua na Universidade Federal do Maranhão/Departamento de Física (UFMA)-Campus Cidade Universitária Dom Delgado, em que suas atividades objetivam a difusão e a popularização da Ciência. Nesta perspectiva, o presente trabalho teve como objetivo a formação do estudante na área de Óptica Física e de Divulgação Científica, por meio da construção de um Sistema de Transmissão Óptico de Ondas Eletromagnéticas em meios contínuos com emissores e receptores a laser, utilizando como meio o ar e a fibra óptica.

Palavras-chave: Divulgação Científica. Fibra Óptica. Ondas eletromagnéticas. Meios contínuos

### **ABSTRACT**

Disseminating scientific knowledge in an accessible language has been a great challenge for researchers. In this sense, investment in scientific-cultural spaces has grown in Brazil, as they use Scientific Dissemination (DC) for the transmission of scientific knowledge, enabling the public, in addition to scientific knowledge, to better perceive the impacts provided by scientific-technological progress. This is the scenario of the Scientific Dissemination Laboratory Ilha da Ciência, located in the city of São Luís - MA, where it operates at the Federal University of Maranhão/Department of Physics (UFMA)-Campus Cidade Universitária Dom Delgado, in which its activities aim to disseminate and

the popularization of Science. In this perspective, the present work had as objective the formation of the student in the area of Physical Optics and Scientific Dissemination, through the construction of an Optical Transmission System of Electromagnetic Waves in continuous media with laser emitters and receivers, using air and optical fiber as a medium.

Keywords: Scientific Dissemination. Optical fiber. Electromagnetic waves. Continuous means

## INTRODUÇÃO

Os avanços científico-tecnológicos vêm crescendo cada vez mais com o passar dos anos. SILVEIRA e BAZZO (2005) afirmam que: “no mundo atual, a tecnologia tem se apresentado como o principal fator de progresso e de desenvolvimento”. Neste sentido, muitos países como Israel, Coreia do Sul, Suécia, Japão e outros vêm investindo em pesquisas científicas, atingindo significativo progresso. No entanto, o conhecimento que envolve esses estudos não são transmitidos em uma linguagem acessível para o público em geral, onde, na maioria dos casos, se limitam às instituições de pesquisa.

Desta forma, a Divulgação Científica (DC), em que esta possui veículos e canais eficientes para a circulação de informações científicas para o público geral, torna-se fundamental para a difusão dos conhecimentos e avanços científico-tecnológicos de diversas áreas. Logo, a sociedade, em virtude da DC, adquire maior percepção dos impactos, tanto positivos, quanto negativos do progresso científico-tecnológico.

Como a transmissão da DC ocorre por diversos meios, países vêm investindo nessa propagação de informação, sendo uma realidade do Brasil, em que até 2015, possuía cerca de

268 espaços científicos-culturais em geral, de forma que destes, 155 se encontram no Sudeste; 44 no Sul; 43 no Nordeste; 15 no Centro-Oeste; e 11 no Norte (BRITO E MARTINS, 2017). Esses espaços citados possuem o objetivo principal de popularizar a ciência, realizando atividades como a exposição de experimentos científicos, palestras, oficinas, observações astronômicas, seções em planetários, trilhas, apresentações culturais, entre outras ações.

Neste contexto, apresenta-se a transmissão de dados através de ondas eletromagnéticas, como sendo um dos avanços fundamentais para a sociedade atual, devido às suas inúmeras aplicações. Assim, surge a necessidade de difundir os princípios envolvidos no exemplo citado, bem como a difusão do conhecimento de outros avanços científico-tecnológicos por meio da DC, fortalecendo as suas aplicações, tornando o avanço acessível como um todo para o público.

Logo, são atividades semelhantes que o Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência (ILHA DA CIÊNCIA), sendo este um espaço científico localizado na cidade de São Luís-MA, onde atua na Universidade Federal do Maranhão/Departamento de Física (UFMA) Campus São Luís, vem realizando, contribuindo para a Divulgação Científica dentro e fora do Maranhão, onde “[...] conta com quase uma centena de experimentos, em sua grande maioria desenvolvida na UFMA atendendo as áreas de Física, Química, Matemática, Biologia e Computação” (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2007).

Nesta perspectiva, tendo em vista a importância da Divulgação Científica (DC) para o desenvolvimento e progresso das nações e a relevância da difusão de conhecimentos científicos de variadas aplicações, que este trabalho se propôs a compreender e colaborar com a disseminação da ciência, por meio da elaboração e construção de um Sistema de Transmissão Óptico de Ondas Eletromagnéticas em meios contínuos de forma didática para melhor compreensão dos fenômenos físicos envolvidos no mesmo. O Sistema contém uma fonte de Laser no comprimento de onda 514,5 nm (cor verde), um transmissor e receptor eletro-óptico e uma fonte de ondas eletromagnéticas.

### **A Divulgação Científica através do Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência**

A Divulgação Científica (DC), sendo esta a responsável pela transmissão das produções científicas para o público geral, vem se tornando cada vez mais necessária, pois a mesma favorece e enriquece os trabalhos científicos, de modo que:

Divulga-se no interesse da própria ciência, e por influência dos cientistas ou dos que compreendem o valor da ciência no mundo moderno, para conseguir apoio cada vez maior para as atividades científicas. Um público devidamente esclarecido a respeito dos objetivos da ciência e da contribuição que ela realmente dá, direta ou indiretamente, à solução dos problemas da sociedade, apoiará com mais convicção todas as medidas que tenham por objetivo o fortalecimento da ciência na comunidade. (MASSARANI; DIAS, 2018, p. 22)

Por descentralizar as produções científicas, a DC proporciona a expansão das mesmas para além de um público específico e ainda, gera maior assimilação do saber científico nos ensinamentos das ciências, em que os textos de divulgação científica são amplamente trabalhados no ensino de ciências, tornando-se uma prática recorrente e cotidiana nas escolas, sendo um avanço para o ensino (DA SILVA, 2007). Neste sentido, torna-se clara e evidente a importância da DC, de forma que “a circulação das ideias e dos resultados de pesquisas é fundamental para avaliar o seu impacto social e cultural [...]” (CANDOTTI, 2002, p. 17).

Nos dias atuais, através dos avanços e investimentos, é possível encontrar a DC em centros, museus, espaços e laboratórios de Ciência que utilizam experimentos didáticos, vídeos, planetários, observações astronômicas, oficinas, palestras, entre outras atividades, para colaborar com a difusão da Ciência. É nesta lógica que o Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência (ILHA DA CIÊNCIA), localizado na cidade de São Luís-MA, onde atua na Universidade Federal do Maranhão/ Departamento de Física (UFMA) Campus Cidade Universitária Dom Delgado, vem colaborando com a Divulgação Científica dentro e fora do estado.

O ILHA DA CIÊNCIA realiza diversas ações voltadas para formação e informação científica, por meio de atividades diferenciadas e lúdicas de aprendizagem, transmitindo o conhecimento científico através de linguagem acessível para o grande público. Vale ressaltar e enfatizar que o ILHA DA CIÊNCIA elabora e desenvolve materiais instrucionais, bem como diversos experimentos voltados para o ensino da Ciência, sendo construídos pelos bolsistas, técnicos e professores do laboratório. O local permite assim a formação científica de estudantes de todos os níveis de ensino, além da graduação e pós-graduação lato e stricto sensu (OLIVEIRA, 2018).

### A Propagação de Ondas Eletromagnéticas

Por volta de 1865 James Clerk Maxwell (Maxwell) aprimorou os estudos da eletricidade e do magnetismo existentes na época, de modo que desenvolveu quatro equações conhecidas como as equações de Maxwell (**Quadro 1**). Em que  $\mathbf{E}$  é o vetor campo elétrico e  $\mathbf{B}$  é o vetor indução magnética, sendo  $\epsilon_0$  a permissividade elétrica do meio e  $\mu_0$ , a permeabilidade magnética do meio. Para um material linear e isotrópico, temos que:

$$\vec{D} = \epsilon_0 \vec{E} \text{ e } \vec{B} = \mu_0 \vec{H}$$

Sendo  $\mathbf{D}$  o vetor deslocamento elétrico e  $\mathbf{H}$  o vetor campo magnético. Se o material é isolante e não tem cargas livres, então  $\rho = 0$  e  $\mathbf{j} = 0$ .



**Quadro 1:** Equações de Maxwell

Numeração	Nome	Forma Integral	Forma Diferencial
I	Lei de Gauss da Eletricidade	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{S} = \frac{q}{\epsilon_0}$	$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$
II	Lei de Gauss do Magnetismo	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$	$\nabla \cdot \vec{B} = 0$
III	Lei de Faraday	$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$	$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$
IV	Lei de Ampère-Maxwell	$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{d\Phi_E}{dt} + \mu_0 \vec{i}$	$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} + \mu_0 \vec{J}$

Fonte: Próprios autores, 2019.

O campo eletromagnético é gerado pela oscilação de um campo elétrico (**E**) e um campo magnético (**B**), derivando as ondas eletromagnéticas, onde estas, diferentemente das ondas mecânicas (estas precisam de um meio para se propagar), não precisam necessariamente de um meio para se propagar, de forma que podem se propagar no vácuo com uma velocidade de  $v = 3,0 \times 10^8 \text{m/s}$  (velocidade da luz).

Variando em frequência e comprimento de onda, as ondas eletromagnéticas possuem aplicações nas mais diversas áreas. Isso mostra que as descobertas de Maxwell possibilitaram um grande avanço na Física e na ciência de modo geral.

As equações de Maxwell reuniram numa mesma descrição a eletricidade, o magnetismo e a óptica, até então especialidades separadas, tendo constituído uma das mais bem-sucedidas teorias de unificação da Física. Com a formulação de Maxwell, a luz adquiriu uma consistência científica que nos permitiu entender, de forma inédita, como a luz interage com a matéria e suas diversas propriedades. (OLIVEIRA, 2018)

Neste contexto, entendendo a luz, também, como uma onda eletromagnética, pôde-se aperfeiçoar as áreas do conhecimento da Física Moderna, em que a partir de estudos relacionados com a mecânica quântica, foi viável criar o Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation). O Laser produz intensos feixes de luz, por meio da emissão estimulada de fótons (partículas elementares), onde a sua descoberta permitiu, por exemplo, a transmissão de dados através das fibras ópticas (MARTINS; NEVES, 2015).

### A Transmissão de dados através da Fibra Óptica

Desde a antiguidade, já existia a necessidade de comunicação entre os seres humanos tanto a curtas, quanto a longas distâncias. Inicialmente, foram utilizados gestos com as mãos, desenhos e fogo, com o intuito de criar uma possível intercomunicação. Com os avanços científicos, muitos sistemas de comunicações foram desenvolvidos, como por exemplo:

Em 1880, Graham Bell inventou um sistema de comunicação, o *fotofone*, que usava a luz do sol refletida por um espelho modulador da voz para carregar a informação. No receptor, a luz do sol modulada incidia em uma célula fotocondutora, que convertia a mensagem para corrente elétrica. Um receptor telefônico completava o sistema. Esse dispositivo tinha como limitações o pequeno alcance, limitado a 200 metros, e a necessidade de utilização da luz solar direta. (SOARES, 2005, p.1)

Devido a grande necessidade e demanda das diversas redes de comunicação, o aprimoramento dessas, se fez necessário, em que buscou-se os meios mais viáveis, confiáveis e com as melhores qualidades para a transmissão. Um dos meios pioneiros na transmissão de sinais elétricos foi o fio de cobre, porém, este apresentou limitações na época de sua descoberta, como a inviabilidade na transmissão de dados em alta velocidade. Neste contexto, surgem as fibras ópticas como um dos avanços científico-tecnológicos mais relevantes para o mundo contemporâneo, possibilitando a transmissão de dados em alta velocidade.

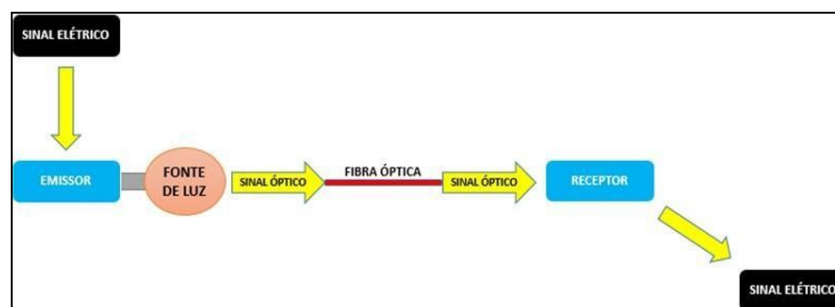
As fibras ópticas são cabos flexíveis que possuem filamentos de vidro ou plástico que permitem a transmissão da luz e, portanto, de dados. Em geral, as fibras ópticas apresentam uma estrutura cilíndrica localizada na região central, chamada de núcleo, este é envolto por uma camada chamada de casca, onde são revestidas por uma camada de proteção. Existem variados tipos de fibra óptica, dentre os quais, têm-se: as fibras monomodo e multimodo, as fibras com núcleo expandido - Large Effective Core Area (LEAF), entre outros, sendo utilizadas de acordo com a aplicação e finalidade pretendida.

A propagação da luz através da fibra óptica se dar por meio do processo da reflexão total interna, onde este ocorre quando a luz observada passa de um meio que possui um índice de refração maior, para um meio com índice de refração menor, de modo que não haverá desvios após a passagem, sendo a luz refletida totalmente seguindo os princípios da óptica geométrica, onde a diferença dos índices de refração do núcleo e da casca proporcionam a reflexão total interna na fibra óptica (MENDONÇA *et al*, 1998).

O sistema de transmissão óptico segue um esquema de funcionamento elementar, possuindo emissores que transformam o sinal elétrico decorrente de uma tensão da rede, receptores que fazem o processo inverso do emissor, uma fonte de luz e uma fibra óptica como mostrado na **Figura 1**.

Atualmente as fibras ópticas conectam, literalmente, o mundo inteiro, onde sistemas de transmissão, em sua maioria, as utilizam, como por exemplo, as redes telefônicas, os cabos submarinos, os grandes polos industriais, a medicina, entre outros âmbitos, devido às vantagens que as mesmas apresentam, destacando-se: as baixas perdas de transmissão; a imunidade à ruído e interferência; segurança na transmissão da informação; e alta resistência a agentes químicos e variações de temperatura.

**Figura 1:** Esquema do funcionamento de um sistema de transmissão óptica



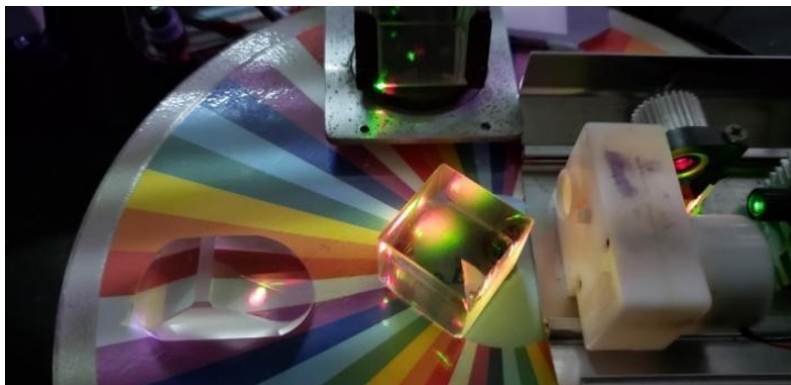
Fonte: Próprios autores, 2019.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Antes da montagem do sistema de transmissão óptico de ondas eletromagnéticas (STOEM) em meios contínuos, utilizou-se uma bancada (**Figura 2**) para análises prévias do funcionamento de um gerador eletro-óptico, visando melhor entendimento do comportamento do STOEM.

Logo após as análises, a construção do STOEM foi realizada utilizando os seguintes materiais adquiridos: • Fonte de 12V; • Fonte de áudio (Rádio transmissor).

**Figura 2:** Bancada de gerador eletro-óptico em sua forma discreta



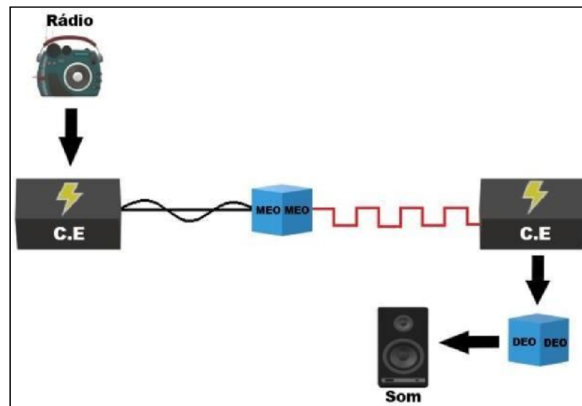
Fonte: Arquivo do Ilha da ciência, 2018.

A fonte de 12V foi escolhida devido a existência de dispositivos eletrônicos no STOEM e o rádio foi escolhido para ser a fonte de ondas eletromagnéticas. Além dos materiais obtidos, foram elaboradas e construídas as seguintes peças:

- Suporte de madeira para o transmissor eletro-óptico;
- Transmissor eletro-óptico (TEO);
- Receptor eletro-óptico (REO);
- Fibra óptica amostral.

O suporte de madeira foi moldado com as seguintes medidas: 40cm de comprimento; 13cm de altura e 18cm de altura total (considerando o tamanho do transmissor e do receptor; 15cm de largura de cima (considerando apenas a peça lisa de cima do suporte); e 19,5cm da largura de baixo (considerando os pés do suporte). Para a confecção do TEO e do REO, utilizaram-se circuitos elétricos e eletrônicos, de maneira que, depois de prontos, ambos foram fixados no suporte de madeira. Cabe enfatizar que: a fibra óptica utilizada no decorrer da montagem do experimento, foi apenas artesanal (feita no próprio laboratório) e de teste; e ainda que o funcionamento do STOEM foi pensado e o seu modelo arquitetado de acordo com o esquema apresentado na **Figura 3**.

O esquemático mostrado abaixo apresenta os dispositivos do STOEM, em que o rádio serve como fonte de ondas eletromagnéticas (podem ser utilizadas outras fontes como por exemplo, um celular); os circuitos eletrônicos e o Modulador Eletro-óptico (o sistema usado no presente trabalho inseriu as duas partes dentro de um transmissor), responsáveis pela combinação de frequência do laser e da onda de rádio, codificando-os em um pulso luminoso (feixe de luz, ou ainda, feixe de fótons); circuitos eletrônicos e um Demodulador Eletro-óptico (o sistema usado no presente trabalho inseriu as duas partes dentro de um receptor), responsáveis pela decodificação do laser modulado, convertendo o feixe de fótons em um feixe de elétrons (a própria corrente elétrica), possibilitando a saída da onda eletromagnética; e ainda a fonte amplificadora do som, servindo para a saída sonora ou não (alguns sistemas de transmissão podem apresentar apenas ruídos) da transmissão.

**Figura 3:** Esquema do modelo de um sistema de transmissão eletro-óptico

Fonte: Próprios Autores, 2019.

O STOEM possui o seguinte esquema de funcionamento: a fonte utilizada é alimentada com a tensão derivada da rede para que os componentes sejam energizados. Feito isso, o rádio servirá como fonte de ondas eletromagnéticas, captando-as e enviando-as para o transmissor, onde os circuitos eletrônicos em conjunto com Modulador Eletro-óptico irão atuar, gerando um Laser modulado que é direcionado para o receptor, de modo que os circuitos eletrônicos em conjunto com o Demodulador Eletro-óptico, irão decodificar o Laser, permitindo a saída, nítida ou não, do som na fonte amplificadora.

## RESULTADOS

Após a revisão bibliográfica dos conceitos envolvidos no desenvolvimento deste trabalho e os testes, foi possível elaborar e construir com êxito o sistema de transmissão óptica de ondas eletromagnéticas (STOEM) em meios contínuos. Na **Figura 4** é mostrado o STOEM montado e compoendo a bancada de experimentos do Laboratório de Divulgação

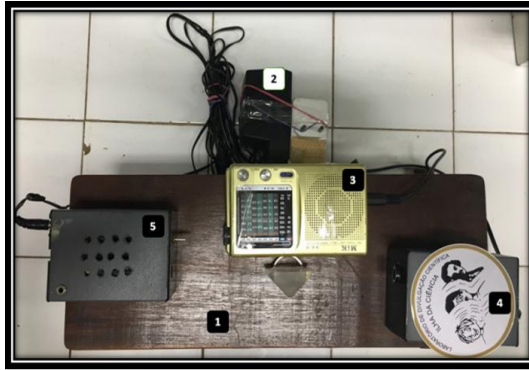
Científica Ilha da Ciência.

Na **Figura 5** é apresentado o STOEM de modo mais claro, onde: o número um (1) corresponde ao suporte de madeira; o número dois (2) a fonte de doze volts (12V); o número três (3) a fonte de ondas eletromagnéticas (o rádio); o número quatro (4) ao transmissor eletro-óptico, contendo os circuitos eletrônicos e o Modulador Eletro-óptico (MEO); e o número cinco (5) ao receptor eletro-óptico, contendo os circuitos eletrônicos e o Demodulador Eletro-óptico (DEO).

**Figura 4:** STOEM no ILHA DA CIÊNCIA

Fonte: Próprios Autores, 2019.

**Figura 5:** STOEM elaborado e construído



Fonte: Próprios Autores, 2019.

É importante destacar que na **Figura 6**, tem-se apenas uma fibra óptica amostral artesanal, construída no Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência (ILHA DA CIÊNCIA) utilizada para demonstrar o comportamento do STOEM.

Averiguou-se que o STOEM construído funcionou conforme o esquema proposto na metodologia, destacando-se o potencial que o sistema montado apresentou, onde após o processo do receptor eletro-óptico, ouvia-se nitidamente o som que sairia em um rádio convencional, diferindo-se assim de outros protótipos de sistemas de transmissão, em que é possível ouvir apenas ruídos.

**Figura 6:** Fibra artesanal amostral



Fonte: Próprios Autores, 2019.

Observou-se que a fibra óptica é um meio que possui maiores vantagens para a transmissão, se comparado com o ar, pois neste último, há interferências externas como as condições climáticas, vegetação, ações antrópicas, entre outras, sendo que estas interferências são minimizadas quando a fibra óptica é utilizada como meio para a transmissão. No STOEM foi possível observar claramente a ação dessas interferências utilizando o ar como meio para a transmissão, em que as perturbações comprometem a qualidade das informações. Neste sentido, como mostrado na **Figura 7**, um objeto opaco, como um fragmento de madeira colocado entre o transmissor e o receptor eletro-óptico é suficiente para interferir na transmissão.

**Figura 7:** Objeto opaco colocado entre o Modulador e Demodulador eletro-óptico



Fonte: Próprios Autores, 2019.

## CONCLUSÕES

A Divulgação Científica deve ser aplicada pelas entidades científicas no mundo contemporâneo com maior rigor, visto que esta possui significativa importância e impacto no desenvolvimento das atividades científico-tecnológicas, de modo a favorecer o fortalecimento das mesmas na sociedade. Neste sentido, o Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência segue colaborando de forma eficiente para as divulgações científicas dentro e fora do Maranhão por meio das suas produções científicas, bem como por meio das atividades executadas e aplicadas para o público em geral.

O Sistema de Transmissão Óptica de Ondas Eletromagnéticas em meios contínuos desenvolvido neste trabalho obteve êxito em seu funcionamento, em que observou-se que o transmissor e o receptor eletro-óptico posicionados a curtas distâncias, ficam sujeitos a interferências. Logo, em distâncias de quilômetros, por exemplo, de forma que a transmissão ficaria sujeita a interferências de maior amplitude, haveria claramente a interrupção na transmissão. No entanto, essas interferências poderiam ser minimizadas com o uso da fibra óptica como meio na transmissão, uma vez que a mesma possui estrutura própria para evitar essas influências, apresentando então maiores vantagens em comparação com a utilização do ar como meio.

O experimento desenvolvido neste trabalho pôde colaborar de forma relevante com as atividades do Laboratório de Divulgação Científica Ilha da Ciência, em que atualmente, compõe a bancada de experimentos do Espaço da Ciência e do Firmamento Planetário UFMA, Campus Cidade Universitária Dom Delgado, São Luís - MA, sendo este local, mais amplo e moderno, cujas atividades também são voltadas para Divulgação Científica. A elaboração e montagem do experimento proposto ocasiona propostas para futuros trabalhos relacionados com a área de estudo trabalhada, como por exemplo, o desenvolvimento de um sistema RGB de formação de imagem e som.

## REFERÊNCIAS

SILVEIRA, R. M. C. F.; BAZZO, W. A.. **Ciência e Tecnologia: transformando a relação do ser humano com o mundo**. IX Simpósio Internacional Processo Civilizador, v. 9, p.1-13 , Ponta Grossa. 2005.

BRITO, F.; MARTINS, S (Ed.). **Centro e Museus de Ciência do Brasil**. Rio de Janeiro:

Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência: UFRJ.FCC. Casa da Ciência; Fiocruz. Museu da Vida, 2015.

OLIVEIRA, A. J. S.; OLIVEIRA, J. A. S. **LABORATÓRIO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA ILHA CIÊNCIA: Contribuições para a Difusão e Popularização da Ciência**. X Reunión de la Red de Popularización de la Ciencia y la Tecnología en América Latina y el Caribe, v (RED POP - UNESCO) y IV Taller “Ciencia, Comunicación y Sociedad”, San José, Costa Rica, 9 a 11 de Maio, 2007.

MASSARANI, L.; DIAS, E. M. S. (Org.). **José Reis: reflexões sobre a divulgação científica**. Rio de Janeiro: Fiocruz/COC, 2018.

DA SILVA, Henrique César. **O que é divulgação científica?**. Ciência & Ensino (ISSN 1980-8631), v. 1, n. 1, 2007.

CANDOTTI, Ennio. **Ciência na educação popular**. Ciência e público: Caminhos da divulgação científica no Brasil, p. 15-24, 2002.

OLIVEIRA, Antonio José Silva. **Veículos de divulgação científica no MA**. O Estado, São Luís - Maranhão, 17 de maio de 2018. Vida Ciência.

OLIVEIRA, Antonio José Silva. **Luz, partícula, onda: a engenharia optrônica**. O Estado, São Luís - Maranhão, 23 de Ago. 2018. Vida Ciência.

MARTINS, Maria João; NEVES, Isabel Ventim. **Propagação e Radiação de Ondas Electromagnéticas**. Lisboa: LIDEL, 2015.

SOARES, A. J. M. **Comunicações ópticas**. Universidade de Brasília – Faculdade de tecnologia/Departamento de Engenharia Elétrica, 2005.

MENDONÇA, C.R. et al. **Demonstrações de reflexão total interna para alunos do segundo grau**. Revista Brasileira de Ensino de Física vol, v. 20, n. 3, 1998.

## **PREVENÇÃO DO CÂNCER DE MAMA**

Hilmar Ribeiro Hortegal

Médico, Membro da Academia Maranhense de Ciências, da Academia Maranhense de Medicina, Ex-Professor do Curso de Medicina da UFMA, Professor do Curso de Medicina da Universidade CEUMA

**RESUMO:** Este artigo visa chamar atenção da população sobre a necessidade de conhecer a importância da prevenção do Câncer de Mama, pois é possível tratá-lo em até 98 % dos casos, quando diagnosticado precocemente, reduzindo os números da taxa de mortalidade, assim como evitar a mastectomia, tão temida pelas mulheres. Em geral, as medidas preventivas têm no controle dos fatores de risco e no incentivo aos fatores protetores, especificamente os modificáveis, o foco para evitar este tipo de Câncer. Destacar a importância da mamografia na esperança de mudar a curva desta patologia, detectando um tumor de Mama antes de alcançar 1 cm, notadamente o público feminino, principalmente após os 50 anos. O objetivo é conscientizar as pessoas da importância de conhecerem os fatores de risco, os protetores e iniciar a realização da mamografia no tempo e intervalo certos.

Há relato na literatura que, no mundo, os tipos de câncer que mais levam a óbito são: de pulmão, mama, colorretal e próstata; constituindo-se um problema de saúde pública. No Brasil, nas mulheres, a prevalência desta doença é: mama, cólon e reto, pulmão e colo do útero (BRAY et al.,2018).

Entendemos ser de grande importância difundir, na população, a necessidade da prevenção do câncer de mama, em virtude de sua alta prevalência, principalmente na população feminina, assim como aos homens; pois também pode ocorrer nestes, uma expectativa de 1%.

O diagnóstico precoce contribui para diminuir os números da taxa de mortalidade, por esta patologia (INCA – 2020. Estimativa 2020 – incidência de câncer de mama no Brasil).

Cerca de 4 em cada 5 casos de câncer de mama é em mulher com 50 anos ou mais, sendo, pois; o sexo feminino e a idade fatores de risco para este tipo de câncer. Considera-se a associação com agentes ambientais, comportamentais e histórico reprodutivo e hormonal, além de genéticos e hereditários.

A prevenção do câncer de mama não é totalmente possível, em função da multiplicidade de fatores relacionados ao aparecimento desta terrível patologia e ao fato de vários deles não serem modificáveis. Em geral, as medidas preventivas têm no controle dos fatores de risco e no incentivo aos fatores protetores, especificamente aqueles considerados modificáveis, o foco para evitar este tipo de câncer.

O câncer de mama, se não considerarmos o câncer de pele não melanoma, é o tipo mais comum entre as mulheres. No Brasil, de acordo com o INCA, ele responde por 25% dos casos notificados anualmente.

O câncer de mama é um tumor curável em até 98% dos casos, se diagnosticado no início, diminuindo significativamente a necessidade da mastectomia, tão temida pelas mulheres, segundo o Dr. Carlos Frederico Lima; mastologista e cirurgião oncológico da Fundação do Câncer.

Tem-se na mamografia, aliada à dosagem dos marcadores tumorais específicos, a esperança de mudar a curva desta patologia, pois este exame é capaz de detectar uma tumoração na mama, antes de alcançar 1cm de diâmetro, o que possibilitará êxito no tratamento. Segundo o Ministério



da Saúde, a recomendação para realizar a mamografia de rastreamento deve ser entre 50 e 69 anos, antes disso; somente havendo histórico familiar do câncer de mama ou indicação do profissional de saúde.

Adotando-se medidas simples, é possível reduzir a incidência do câncer de mama, como, por exemplo:

a) A prática de atividade física diminui em cerca de 1/3 os riscos de desenvolver a doença. Adotar exercício aeróbico por 30 minutos, pelo menos 5 vezes na semana, ou de acordo com suas necessidades.

b) O autoexame permite, à mulher, conhecer o próprio corpo e perceber algumas alterações, embora, muitas vezes, o tumor não consegue ser percebido apenas pelo toque, sendo, pois; importante o acompanhamento com o especialista. Esta conduta é discutível para alguns profissionais.

c) Controle da alimentação. Uma dieta equilibrada evita o sobrepeso e melhora a qualidade de vida. Alimentos industrializados, enlatados e conservados contêm agentes cancerígenos, devendo ser evitados. Podemos citar: carnes processadas, defumadas, curadas ou salgadas, assim como salsicha, linguiça, mortadela e salame.

d) Devemos ingerir, ao dia, pelo menos cinco porções de fruta, legumes e verduras; alimentos ricos em vitaminas essenciais, sais minerais e fibras, como também; substâncias antioxidantes que protegem a maioria dos tipos de câncer.

e) Tabagismo. Deve-se desestimular o hábito de fumar. O cigarro tem cerca de 4.720 substâncias tóxicas, que levam a muitas doenças, entre elas o câncer de mama. Esse hábito é considerado, pela OMS, a principal causa de morte evitável. Estima-se que 30% de todos os casos de câncer são devidos ao tabagismo. Não fume e proteja-se da fumaça do cigarro.

f) Consumo de bebida alcoólica. O alcoolismo causa cerca de 2% a 4% das mortes por câncer, constituindo um dos fatores de risco para o câncer de mama, principalmente se combinado ao tabaco.

É fundamental destacar que, por meio da alimentação, nutrição e atividade física, é possível reduzir em até 28% o risco da mulher desenvolver câncer de mama. Controlar o peso corporal e evitar obesidade, através da alimentação saudável e da prática de exercício físico, e evitar o consumo de bebidas alcoólicas e tabagismo são recomendações básicas para prevenir o câncer de mama. A amamentação também é considerada um fator protetor. Devemos ressaltar também, que a terapia de reposição hormonal, se estritamente indicada, deve ser feita sob rigoroso controle médico e pelo mínimo de tempo necessário.

É importante também citar que o câncer de mama tem origem hereditária apenas em 5% a 10% dos casos. A grande maioria dos casos, portanto, é adquirida. Não é demais informar que é fundamental cada pessoa fazer sua parte, o acompanhamento médico, o autoexame, a mamografia e ultrassonografia, e ficar alerta para evitar os fatores de risco e estimular aqueles que são protetores. Previna-se e seja feliz sem CÂNCER DE MAMA.

**Formação Docente: uma análise das funções estéticas da metáfora nos provérbios da obra “Amor por Anexins” de Arthur Azevedo no contexto da Educação de Jovens e Adultos integrada à Educação Profissional – EJATEC**

Raimundo Nonato Pinheiro Pires<sup>6</sup>

**RESUMO**

A reflexão maior desta pesquisa foi mostrar que a linguagem oral tem sido um importante campo de estudo literário ao longo dos séculos, devido a sua importância no contexto das relações humanas e a sua importante contribuição para a evolução do pensamento. Esta teve por objetivo dar uma visão das expressões metafóricas encontradas nos provérbios, especialmente, aqueles de cunho popular, sua origem e as funções ou utilidades que elas desempenham na expressão destes ditos da sabedoria popular, conforme os estudos de Tudor Vianu. Desenvolveu-se uma pesquisa exploratória e descritiva que teve como objetivo a descrição das características de determinada população. Utilizou-se como base teórica para a produção desta pesquisa algumas obras de estudiosos que já se dedicam ao referido assunto, tais como: Othon Garcia, Tudor, Vianu e Nilton Mário Fiorio. A pesquisa foi realizada da seguinte maneira: em primeiro lugar, fez-se, em resumo, uma abordagem teórica essencial sobre a metáfora, os provérbios e a maneira como a linguagem metafórica está inserida nos provérbios. Delimitou-se o campo de estudo, devido à própria finalidade e especificidade da pesquisa, analisou-se essencialmente a presença das subfunções da função estética da metáfora – funções dissimuladora e potenciadora – nos provérbios do entreato “Amor por Anexins” do teatrólogo maranhense Arthur Azevedo. Por fim, concluiu-se, então, que a importância da presença da metáfora para os provérbios deu-se porque elas têm a função de auxiliar a expressar os pensamentos subjetivos de maneira mais facilmente perceptível, de acordo com a intenção do emissor.

**Palavras-chave:** Linguagem. Literatura. Metáfora. Provérbios.

**ABSTRACT**

The greatest reflection of this research was to show that oral language has been an important field of literary study throughout the centuries, due to its importance in the context of human relations and its important contribution to the evolution of thought. The purpose of this paper was to give an overview of the metaphorical expressions found in the proverbs, especially those of a popular nature, their origin and the functions or utilities they play in the expression. of these popular wisdom sayings, according to Tudor Vianu's studies. An exploratory and descriptive research was developed that aims to describe the characteristics of a given population. The theoretical basis for the production of this research was the works of scholars who already dedicate themselves to this subject, such as: Othon Garcia, Tudor Vianu and Nilton Mário Fiorio. The research was carried out in the following way: in the first place, in a nutshell, an essential theoretical approach was made on metaphor, proverbs and the way metaphoric language is inserted in proverbs. The field of study was delimited, due to the very purpose and specificity of the research, the presence of the subfunctions of the aesthetic function of the metaphor - dissimulating and empowering functions - was analyzed in the proverbs of the entreaty "Love by Anexins" of the Maranhão theater artist Arthur Azevedo. Finally, it was concluded that the importance of the presence of the metaphor for the proverbs was because they have the function of helping to express the subjective thoughts in a more easily perceivable way, according to the intention of the sender.

**Keywords:** Language. Literature. Metaphor. Proverbs.

---

<sup>6</sup> Doutorando em Educação pela Logos University International, Miami, Flórida, EUA.

## 1 INTRODUÇÃO

A linguagem tem sido objeto de estudo ao longo de séculos da História da Humanidade. Os interesses em torno dela sempre se mostraram crescentes, por sua importância no contexto social e inegável contribuição como instrumento e veículo do pensamento humano. “As principais manifestações da linguagem humana são a fala e a escrita e, de acordo com os estudos linguísticos atuais, a fala surge primeiro que a escrita, que é uma representação gráfica daquela”. (GARCIA, 1988, p.522).

“A fala é a mais completa e perfeita manifestação da linguagem, por envolver outras formas, outros suplementos de comunicação, que, através dela, se atualizam e se renovam. Mais imediata e utilitária, ela permite estabelecer contato direto entre as pessoas”. (GARCIA, 1988, p.522).

Um dos mais característicos exemplos da comunicação oral são os provérbios, que são expressões do conhecimento moral e prático acumulados pelo povo ao longo do tempo. Apesar de serem mais largamente utilizados na linguagem oral, em sua trajetória dentro da linguagem humana, os provérbios passaram a ser também utilizados na escrita e, através desta, puderam se perpetuar e expandir-se geograficamente. Por empregarem, em sua limitada extensão, uma enorme gama de recursos estilísticos, tais como: metáfora, aliteração, ritmo, e construções binárias, sua linguagem oferece um amplo e interessante campo para o estudo.

Esta pesquisa procura dar uma visão sobre as expressões metafóricas existentes nos provérbios, destacando, especialmente, as subfunções da função estética presentes nos mesmos. Para tanto, selecionou-se alguns provérbios da farsa “Amor por Anexins” de Arthur Azevedo.

Inicialmente, apresenta-se uma contextualização do tema em comento que teve como problema de pesquisa, neste viés de discussão, o seguinte questionamento:

Como se opera a linguagem metafórica dos provérbios na peça Amor por Anexins de Arthur Azevedo? Como hipótese acredita-se que o estudo da linguagem metafórica dos provérbios na peça Amor por Anexins de Arthur Azevedo sob a perspectiva contemporânea da aprendizagem nas aulas de Língua Portuguesa do Ensino Médio Profissional foi um fator que contribuiu para a dinamização do ensino da língua materna, e a aproximação dos campos de estudos literários, visto que houve um significativo avanço qualitativo na prática docente e na compreensão dos conteúdos pelos alunos.

Como objetivo geral a pesquisa propôs-se a investigar como se opera a linguagem metafórica dos provérbios na peça Amor por Anexins, de Arthur sob a perspectiva contemporânea da aprendizagem nas aulas de Língua Portuguesa do Ensino Médio Profissionalizante. E, como objetivos específicos: observar as expressões metafóricas encontradas nos provérbios especialmente sua origem e as funções ou utilidades que as mesmas desempenham na expressão destes ditos da sabedoria popular; Conhecer os provérbios mais expressivos da Língua Portuguesa e que tem destaque na peça “amor por Anexins”; Mostrar que a linguagem oral tem sido um importante campo de estudo literário ao longo dos séculos, devido a sua importância no contexto das relações humanas e a sua importante contribuição para a evolução do pensamento.

A pesquisa em foco tem como relevância aproximar os campos de estudos científicos da Língua Portuguesa e da Literatura Brasileira Contemporânea dando oportunidades de aprofundar os conhecimentos dos docentes que estão em pleno exercício de suas práticas e assim, refletir sobre as possíveis transformações do ensino-aprendizagem da Língua Portuguesa no atual cenário da educação pública brasileira, a partir, dos avanços tecnológicos disponíveis na rede de ensino.

Desse modo, o interesse pela pesquisa baseou-se no fato de poder aprimorar os conhecimentos

já adquiridos nos estudos de pós-graduação e poder oferecer à comunidade educacional possibilidades de mudanças significativas no ensino-aprendizagem da Língua Portuguesa a partir das novas tendências eminentemente educacionais.

Far-se-á, a seguir, uma abordagem sobre a palavra e a metáfora, buscando um entendimento básico sobre suas utilizações nas expressões das ideias. Neste momento, recorrer-se-á a alguns teóricos que já abordam esta área de estudo, tais como Othon M. Garcia (1988), Tudor Vianu (1945) e Nilton Mário Fiorio (1995).

Neste viés, se mostrará um estudo sobre a Função Estética da Metáfora, de acordo com os estudos de Tudor Vianu, e sua presença nos provérbios da farsa “Amor por Anexins” do teatrólogo Arthur Azevedo. Mais especificamente, se dará ênfase às subfunções da Função Estética – Funções Dissimuladora e Potenciadora-, por se adequarem melhor à área de estudo desta pesquisa.

No capítulo seguinte, tem-se a metodologia em que se pretende desenvolver uma pesquisa exploratória, e, uma pesquisa descritiva que tem como objetivo a descrição das características de determinada população. Estas podem ser elaboradas também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. Participam desta pesquisa, o pesquisador e o orientador de estudo da temática. E, ela será desenvolvida nas bibliotecas públicas e privadas das Universidades de São Luís.

No terceiro capítulo é tecida consideração a respeito da metáfora: contextualização histórico-literária e a importância da palavra neste contexto de estudo. No quarto capítulo foi realizado um estudo sobre a origem e a linguagem dos provérbios, abordando sua definição, suas fontes geradoras e sua evolução. Procurou-se sistematizar também o processo de surgimento da metáfora na linguagem proverbial. E, no quinto capítulo que se fez uma abordagem sobre a pertinência da investigação. Já, no sexto capítulo foram abordadas as perspectivas do estudo dos provérbios nas aulas de Língua Portuguesa, e por fim, a conclusão onde tem-se uma síntese a respeito da pesquisa.

## **2 METODOLOGIA**

A metodologia, segundo Silva e Silveira (2007, p.145) pode ser definida como “o conjunto de critérios e métodos utilizados para se construir um saber seguro e válido”. Assim, desenvolveu-se uma pesquisa bibliográfica e exploratória, que segundo Gil (2010), têm como propósito proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. Seu planejamento tende a ser bastante flexível, pois interessa considerar os mais variados aspectos relativos ao fato ou fenômeno estudado, e, uma pesquisa descritiva que segundo o mesmo autor tem como objetivo a descrição das características de determinada população.

Estas podem ser elaboradas também com a finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis. Participaram deste estudo, o pesquisador e o orientador de estudo da temática. A pesquisa foi elaborada nas bibliotecas públicas e privadas das Universidades de São Luís.

## **3 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE A METÁFORA**

Sabe-se que toda palavra é, por sua própria natureza, polissêmica, isto é, apresenta vários sentidos. Os sentidos das palavras situam-se em dois níveis: o da denotação e o da conotação. Para a semântica estrutural, denotação “é aquela parte do significado de uma palavra que corresponde aos semas específicos e genéricos” e conotação “é aquela parte do significado constituída pelos semas

virtuais”. (GARCIA, 1988, p.161).

Pode-se conceituar essas definições de maneira mais simples, onde a denotação é o sentido próprio, não subjetivo, e a conotação é o sentido figurado, subjetivo. A denotação identifica-se com a extensionalidade, e a conotação com a intencionalidade do conceito.

Partindo-se desse pressuposto chama-se atenção para a necessidade do estudo da metáfora que no texto literário implica ao leitor, múltiplas possibilidades de associações de ideias, que é próprio do ser humano.

### 3.1 Contextualização histórico-literária

O estudo da metáfora dentro da literatura e da própria linguagem teve início desde a Antiguidade Clássica e sempre despertou muita polêmica, de tal maneira que, até hoje, não se chegou a uma Teoria aceita universalmente sobre a mesma. Aristóteles, filósofo grego, em seu livro “*A arte retórica e a Arte Poética*” (1969), foi quem fez as primeiras observações acerca do conceito de metáfora e desencadeou, então, uma grande série de considerações teóricas e estudos referentes ao assunto.

Apesar das discussões, grande parte dos autores chegam a um consenso de que a metáfora seja definida, resumida e didaticamente como o “tropo que consiste na transferência de um termo para em âmbito de significação que não é o seu”. (CÂMARA JR, 1981, p.166).

Segundo Garcia (1988, p.86): “[...] do ponto de vista puramente formal, a metáfora é, em essência, uma comparação implícita, isto é, destituída de partículas conectivas comparativas”. Essa proximidade com outros recursos estilísticos (comparação, sinédoque, metonímia...) é um dos fatores que aumentam a complexidade dos estudos e definições sobre a metáfora.

Este estudo não tem a intenção de deter-se demoradamente sobre a teoria da metáfora. Para nosso intento, bastarão as noções básicas sobre a mesma, uma vez que a exemplo de Fiorio (1995) tomaremos como metáfora todos os recursos imagísticos em que um termo é substituído por outro, seja de maneira implícita (metáfora em sentido estrito), ficando sua decodificação a cargo do receptor, seja de maneira explícita (metáfora em sentido extenso), não cabendo nenhum esforço especial para que seu referente seja decodificado. (GARCIA, 1988).

Segundo Bühler (apud FIORIO, 1995), no seu estudo sobre metáfora, diz que para a mesma ocorrer são necessários, no mínimo dois termos que irão se relacionar: uma realidade existente e conhecida, bem definida e outra realidade a revelar, que na maioria das vezes, desperta a atenção pelo cunho poético ou por ser surpresa ao receptor do recado.

De acordo com Garcia (1988, p.85), no livro “*Comunicação em Prosa Moderna*”, resumidamente, dá a metáfora a seguinte definição prática: “A figura de significação (tropo) que consiste em dizer que uma coisa (a) é outra (b), em virtude de qualquer semelhança percebida pelo espírito entre um traço característico de A e o atributo predominante de B”.

Em outra definição clássica, desta vez de Quintiliano (apud FIORIO, 1995, p.28): é “uma comparação completa na inteligência, mas cujos termos são parcialmente suprimidos pela linguagem”.

Vários fatores contribuem para o aparecimento da metáfora e dentre eles estão: as similitudes existentes no mundo objetivo, que levam naturalmente às comparações; a incapacidade humana de abstração absoluta – o que nos leva a traduzir conceitos abstratos através de referências a objetos perceptíveis, concretos; a pobreza relativa ao vocabulário disponível em relação ao infinito número de

ideias a serem transmitidas e, obviamente, o prazer estético de caracterização pitoresca. (GARCIA, 1988).

É sempre importante ressaltar que o processo metafórico visa esclarecer alguma ideia nova ou desconhecida e, por isso, se utiliza de comparações com outra ideia mais conhecida, destacando seu aspecto característico por excelência. Talvez, devido aos fatores acima citados serem tão frequentes e pela necessidade de se fazer entender, as metáforas são um recurso muito utilizado na linguagem humana.

Apesar de ser classificada como uma figura de linguagem/significação, a metáfora não é utilizada somente na linguagem literária; ao contrário, é constantemente empregada na linguagem popular oral do cotidiano.

No entanto, alguns autores, como Konrad (1939 apud GARCIA, 1988) conveniente fazer-se uma distinção entre elas, denominando-se de: a) estilísticas – aquelas que são tidas como criação pessoal, inovadoras e utilizadas com objetivos estéticos; b) linguísticas – aquelas que se originam da “deficiência” verbal, que são “forçadas” (catacrese) e se incorporam a língua, como patrimônio de todos.

À primeira vista, pode parecer que as metáforas linguísticas são empregadas somente na língua oral, enquanto as metáforas estilísticas seriam empregadas na linguagem literária – de maneira especial na poesia. No entanto, isto não se dá de fato, uma vez que a metáfora estilística é largamente utilizada na linguagem coloquial do cotidiano, na forma de provérbios ou de outras expressões populares.

### 3.2 A palavra

Desde os gregos a palavra foi considerada como a unidade significativa de articulação do discurso. Segundo Dionísio da Trácia, a sentença tinha “como seus elementos mínimos um conjunto de palavras [gramaticais]”. (GARCIA, 1988, p.86).

O conceito de palavra foi contestado por muitos linguistas, considerando-o pré- científico. Considerando que aos elementos do mundo correspondiam nomes, havia uma preocupação em determinar se as palavras se associavam naturalmente às coisas a que se referiam ou se as palavras nomeavam as coisas de acordo com seu uso. (GARCIA, 1988).

Para Carrol (1965, p.269): “quando eu emprego uma palavra, ela significa justamente o que eu quero que ela signifique – nem mais nem menos”.

Como se pode perceber, de acordo com Carrol (1965), a palavra terá seu significado determinado por quem tem a posse do objeto nomeado. Seria limitada tal afirmação levando-se em consideração a multiplicidade das palavras, mas coerente no sentido em que trabalho determinadas palavras num texto, no qual quero transmitir alguma coisa de que só eu tenho posse exclusiva.

No entanto, existe outro aspecto que deve ser levado em consideração, que são as várias possibilidades de interpretação do leitor, que podem ser diferentes do autor, mas que deve levar em consideração o significado central, para não correr o risco de transformar a língua em um caos de significados sempre novos.

Nesse contexto, Slama-Cazucu (1979 apud BARROS,1991, p.78) na obra Gramática da Língua Portuguesa aduz que: “existe em cada palavra, tal como na língua, algo que lhe imprime

determinada constância e que impede o seu emprego arbitrário”.

Partindo da noção de signo, fundamental em linguística, pode-se chegar a uma noção mais segura de palavra. A língua não é apenas uma sequência, um conjunto sequencial de elementos, mas também uma hierarquia. Há classes de elementos de vários níveis, a partir do mais elementar, o fonema, unidade distintiva e não significativa. A primeira unidade significativa é o morfema. E a segunda, imediatamente superior é a palavra. A palavra é ou pode ser segmentável. E do mesmo modo que os morfemas, identificam-se as palavras pela comutação ou permutação na sentença. (SLAMA- CAZUCU,1979 apud BARROS, 1991, p. 78).

Reconhecida a especificidade da palavra e sua natureza de unidade dum plano superior ao do morfema (gramatical) dentro do sintagma, convém considerar-se alguma de suas definições: Aristóteles não define “palavra”, termo genérico, mas define nome e verbo, palavras no sentido pleno.

“Nome é a voz significativa por convenção sem tempo, da qual nenhuma parte significa separada.” (SLAMA- CAZUCU,1979 apud BARROS,1991, p. 78). Nesta definição encontram-se elementos que assemelham sua definição às definições da palavra segundo Bloomfield, Meillet. Primeiro distingue a palavra do simples fonema; o segundo distingue-as da sentença, que possui partes significativas.

De acordo com Elson (1973, p.100) adota a definição de Bloomfield “forma mínima livre”. Reconhece que, na hierarquia gramatical a palavra ocupa nível separado em relação ao morfema.

Para Buysens (1972, p.145): “a palavra define-se, então, como o menor segmento que possa ser comum a duas unidades sintáticas superiores em geral semelhantes”. “A palavra pertence ao nível da sintaxe: é a menor unidade sintática”. Firth: “elemento lexical de substituição”. (ULLMAN, 1961, p.136).

Segundo Gleason (1970) considera a palavra um dos conceitos mais difíceis de definição, admitindo, entretanto, que seu reconhecimento numa sequência de morfemas é relativamente fácil. São, pois, duas faces distintas: a clareza de sua individualidade formal, a obscuridade de sua definição. Para o problema de classificação, toma a palavra no sentido corrente, sem rígida definição.

De acordo com Carvalho (1974, p.35) a palavra tem dois sentidos:

Palavra léxica – assumindo como palavra apenas o significante e seu respectivo significado; significado geral do tema mais o significado particular do afixo. Assim, em ‘canto, cantas, canta, cantamos, cantais, cantam’, temos seis palavras no sentido de ‘uma unidade lexical real, atualizável, imediatamente, na atividade linguística correta’. E, a palavra semântica – assumindo como palavra uma entidade semântica ideal, não imediatamente atualizável, constituída apenas pelo tema, com a sua significação interna constante ou invariante significativa, mais a potencialidade da sua associação a quaisquer dos morfemas pelos quais se realiza a flexão e, portanto às diversas significações gramaticais variáveis (significações periféricas, de número, gênero, tempo, etc.).

Neste sentido, em “cheguei, chegaste, chegou,” temos uma palavra semântica e três palavras léxicas; as palavras léxicas representam respectivamente: primeira pessoa do singular do pretérito perfeito, segunda pessoa do singular do pretérito perfeito, terceira pessoa do singular do pretérito perfeito do indicativo do verbo ou palavra “chegar”. (CARVALHO, 1974, p.28).

Para Hochett (1972, p.17) admitindo a importância da palavra toma, entretanto, os morfemas

como “os elementos que configuram a linguagem em seu aspecto gramatical”.

Segundo Llorach (1969, p.54) declara que: “uma palavra não é definida pela associação dum sentido dado a um conjunto dado de sons susceptíveis dum emprego gramatical”. Já Pottier (1969, p.49) diz que: “a palavra é a unidade mínima constituída”.

Para Lyons (1963), esta definição satisfaz a três condições básicas numa descrição linguística: unidade fonológica, unidade gramatical, unidade semântica. Diz, porém, que tal definição abrange muito mais do que uma palavra propriamente dita. Ex: uma grande casa tem sentido definido, forma fonológica definida, emprego gramatical definido.

De acordo com Robins (1971) considera a palavra como extensão unitária da gramática formal; na escrita, pode corresponder-se com as palavras ortográficas. Condições normais da palavra são a estabilidade e a possibilidade de aparecer em diferentes lugares da frase. Ex: os pombinhos viram os gatos; os gatos viram os pombinhos. O critério mais evidente de seu reconhecimento é “a condição de forma livre mínima”. Critério este que requer mobilidade posicional na frase e separabilidade do que a precede e do que a segue.

Elia (1978, p. 85) conceitua a palavra como: “unidade linguística em que se associam som, significação e forma gramatical”. Diante do que foi explanado a respeito da palavra, considera-se a mesma como um dos conceitos mais difíceis de definição como afirma (GLEASON, 1970), mas opta-se para efeito de estudo, da definição dada por Llorach (1969), na qual a palavra assume o seu significado no discurso.

Sabe-se que o sistema linguístico nos possibilita a representação do que vivenciamos, sendo que desta possibilidade emerge a função das palavras na frase e conseqüentemente no texto. Partindo-se da identificação da palavra no texto, pode-se inferir o que está nas entrelinhas, bem como expressar o pensamento. A linguagem ideal seria aquela em que cada palavra designasse apenas uma coisa, tivesse um só sentido, mas como isso não ocorre em nenhuma língua, as palavras são, por natureza, “enganosas, porque polissêmicas ou plurivalentes, constituindo uma espécie de constelação semântica”. (GARCIA, 1988, p.158).

#### **4 ORIGEM, LINGUAGEM DOS PROVÉRBIOS E O SURGIMENTO DA METÁFORA**

Os provérbios podem ser definidos, de maneira resumida como a “designação genérica dos ditos cristalizados que exprimem, em geral metaforicamente, uma verdade ou resumem uma experiência”. (GRANDE ECICLOPÉDIA DELTA LAROUSSE, 1972, p.5569). Em sentido estrito, o provérbio “é uma locução popular que expressa um pensamento ou um conselho como resultado de experiência e que se transmite de geração em

geração”. (ENCICLOPÉDIA BRASILEIRA MÉRITO, 1967, p.235).

Na Língua Portuguesa, costuma-se empregar várias palavras como sinônimos de provérbios; algumas delas são as seguintes: adágio, rifão ou refrão, anexim, ditado e parêmia.

A diferença entre elas é bem sutil: o adágio é de forma e conteúdo mais popular que o provérbio; o rifão e o anexim têm forma mais vulgar – o primeiro utiliza frequentemente termos baixos e o segundo utiliza-se mais da ironia ou chiste. Ditado é simplesmente a denominação popular de adágio, rifão e anexim; e parêmia é o sinônimo grego da palavra latina “provérbio”.

As principais fontes geradoras dos provérbios são: a clássica, a literária e a popular. São



considerados clássicos os provérbios de origem erudita – latina, bíblica, filosófica e religiosa; literários são aqueles que se originam na literatura clássica universal, do teatro, das falas de personagens históricas etc. Populares, aqueles gerados pelo povo, refletindo seus costumes, índoles, usos, psicologia etc., constituindo a grande maioria dos provérbios existentes e os que mais se incorporam no folclore nacional. (GRANDE ENCICLOPEDIA LAROUSSE, 1972, p. 5569).

Quando se resolve trabalhar com os provérbios, um dos fatos que mais chamam a atenção é sua grande quantidade. Devido a essa particularidade e ao tempo disponível, resolveu-se selecionar alguns exemplos para estudo. Recorreu-se, então, à farsa “Amor por Anexins”, do teatrólogo maranhense Arthur Azevedo, por apresentar, como sugere seu próprio título, vários anexins em sua composição; aliás, todo o enredo do texto é criado a partir da utilização dos mesmos.

Dentro da literatura universal, várias foram as obras que se valeram dos provérbios em sua confecção. Como exemplo: “Feira de Anexins”, do português Francisco Manuel de Melo – que talvez tivesse inspirado a farsa de Arthur Azevedo-, “Dom Quixote”, de Cervantes e, mais recentemente, Fernando Sabino com seu livro “O Grande Mentecapto”. Tal utilização contribui sobremaneira para imprimir um efeito cômico e interessante ao texto, devido principalmente à sua linguagem, repleta de humor, de figuras e imagens ricas em encanto e significados. Este é, inclusive, um dos pontos que mais despertam o interesse pelo provérbio: sua linguagem metafórica.

A metáfora na linguagem proverbial teve sua origem, devido à necessidade de expressão do homem “primário”. Significa, neste caso, “homem sem nenhuma noção escolar, sem a codificação de seus conhecimentos pela escrita, mas apenas na oralidade”. (FIORIO, 1995, p.194).

Vê-se que o mesmo, não tendo desenvolvimento ou versatilidade vocabular suficiente para manifestar seus pensamentos abstratos, teve de voltar-se para seu universo concreto e passar a expressar suas ideias através de metáforas / comparações, resultantes da observação das relações existentes na sua “concretude”, ou seja, baseado em similaridade entre as ideias a expressar e os elementos circunstantes. (FIORIO, 1995).

É importante ressaltar que essa metaforização não significa uma simplificação da linguagem, uma vez que a decodificação da metáfora pelo receptor da mensagem emitida exige o mesmo nível de raciocínio do criador da metáfora, para a mesma ser entendida e / ou apreciada. Acredita-se que os provérbios tenham surgido na medida e no ritmo em que o homem foi evoluindo em sua história. Inicialmente, os provérbios faziam parte – como um arremate – de uma estória contada com intuito de moralizar os costumes, e que era passada como resultado da sabedoria adquirida pelos sábios com o passar dos tempos. (FIORIO, 1995).

Em seu desenvolvimento, as estórias criadas, repletas de elementos do mundo real e do fantástico, acabaram se tornando anônimas e, posteriormente, sendo esquecidas, restando apenas sua moral ou ensinamento, em forma proverbial ou de máxima. As modificações que propiciaram a perpetuação dos provérbios foram: sua codificação gráfica, a simplificação da estrutura, eliminando os elementos supérfluos, e a incorporação ao mesmo de recursos estilísticos e retóricos, acrescentando-lhe nuances “melódicas e rítmicas” que facilitaram sua memorização e tornaram mais prazerosa sua utilização. (FIORIO, 1995).

## 5 ANÁLISE DA FUNÇÃO METAFÓRICA DOS PROVERBIOS DA PEÇA “AMOR POR ANEXINS” DE ARTHUR AZEVEDO.

### 5.1 Apresentação do entreato

“*Amor por Anexins*” do teatrólogo Arthur Azevedo (1855-1908), é uma peça teatral que apresenta um enredo simples com personagens centrais (Isaias e Inês), aquele deseja contrair núpcias com esta, que, entretanto, já tem um noivo. Logo no início da farsa, o solteirão Isaias manda uma carta à viúva (Inês), pedindo-lhe sua mão em casamento. Por não obter resposta, ele resolve ir até sua casa, o que gera certo conflito entre ambos. Inês, tentando se livrar do solteirão inoportuno, manda-o comprar três metros de escumilha. Na ausência de Isaias, um carteiro entra em cena trazendo uma carta do noivo da personagem comunicando-lhe a separação entre eles e seu casamento com outra mulher.

Imediatamente, Inês resolve atender ao pedido do solteirão, mas, para não despertar desconfiança de Isaias, impõe uma condição a ele: que não falasse, por um determinado tempo, através de anexins. Depois de certo suplício, o solteirão consegue passar algum tempo sem dizer nenhum anexim e Inês, para sua grande surpresa, começa a falar também através de provérbios.

Trata-se de um texto evidentemente popular, e propõe-se uma adaptação contemporânea que, ao difundir o falatório diário com a hereditariedade literária, permitirá abranger e servir a um tipo de público que nem sempre está dentro dos teatros, mas que são admiradores da arte. Dessa forma, Paulina (2012, p.1) ratifica o que foi exposto ao redigir o seguinte resumo da obra supracitada:

Amor por Anexins é uma obra do escritor Artur Azevedo, que versa acerca do jogo da conquista e interesses a partir do desejo de um homem maduro em desposar uma jovem e bela viúva. O texto trata com humor questões de interesses no amor, trazendo um inusitado jogo de linguagem e saberes coletivos dos anexins que são evocados a “toda prova” na construção da história. A farsa está amparada na comicidade da linguagem proverbial, através da figura do bufão, que aparece para oferecer o riso e a paródia contida em sua própria desgraça, e na relação de amor e ódio dos personagens

### 5.2 A função estética da metáfora nos provérbios da peça “Amor por anexins” de Arthur Azevedo.

A metáfora pode ter várias funções, ou utilidades, dentro de um texto oral ou escrito. O linguista romeno Tudor Vianu (1945) conforme referência de Castro (1977), distingue quatro principais funções da metáfora, são elas: filosófica, psicológica, libertadora e estética.

Como as três primeiras funções citadas acima abrangem campos de estudo que extrapolam o campo específico da linguagem e este trabalho está voltado para a área linguístico-literária, o mesmo restringir-se-á ao estudo da função que contribui, de forma direta, para seu intento, ou seja, a função estética, mais precisamente as duas de suas subfunções: função dissimuladora e função potenciadora.

A função estética da metáfora, que é utilizada para exteriorizar nossas impressões, juízos de valor e/ou sentimentos, ocorre porque, segundo Fiorio (1995, p.26), a mesma (metáfora): “visa a dar vivacidade a um estado de alma, a uma atitude emotiva, elevando a expressão de prosaicos dizeres a uma formalização agradável, suscitando no receptor também uma sensação e elevação estilística e literária.”

A mesma foi dividida, por Vianu (1945 apud CASTRO, 1977, p.80), em quatro subfunções: “sensibilizadora, unificadora, dissimuladora e potenciadora”. Conforme foi explicado anteriormente, tomar-se-á para estudo, somente as duas últimas.

É importante ressaltar-se que, devido ao fato da construção dos provérbios girarem em torno de uma imagem metafórica, é frequente haver uma identidade entre a interpretação da imagem e o próprio sentido do provérbio.

A determinação da função predominante no provérbio dar-se-á de acordo com a interpretação do receptor, pois, às vezes, a intenção do emissor do provérbio não é captada de forma clara pelo receptor, devido principalmente às várias possibilidades de interpretação que a metáfora proporciona.

### 5.3 A função dissimuladora

A função dissimuladora da metáfora que surge com um mecanismo utilizado para ocultar algum juízo, impressão ou sentimento subjetivo que não se quer exprimir de forma clara por determinado motivo. Para expressá-los, então, utiliza-se o torneio ou jogo de palavras, os eufemismos, a ironia, a adulação, a cortesia etc.

Basicamente as palavras proferidas pelo personagem Isaias, tem como presença marcante, a utilização dessa função na metáfora, uma vez que, raramente, ele diz de forma explícita o que pensa e o que deseja.

Hipoteticamente, Isaias sempre se comunica com Inês através dos anexins para demonstrar seu grau de sabedoria, de experiência, ou então, para mostrar que as justificativas que a convenceriam a desposá-lo são resultado da sabedoria popular e não apenas os motivos dados por um apaixonado.

Observa-se tal fato no trecho em que Isaias vai até a casa de sua pretendida buscar a resposta de seu pedido de casamento e os dois discutem as diferenças de qualidades entre ele e o noivo de Inês. Isaias, vendo-se depreciado pela viúva, que só lhe ressaltava os pontos negativos, utiliza-se de anexins para mostrar-lhe algumas de suas qualidades positivas:

Inês – o senhor, um rapaz?! O senhor é um velho muito idiota e muito impertinente!  
 Isaias – o diabo não é feio como se pinta...  
 Inês – é feio, é!...  
 Isaias – quem o feio ama, bonito lhe parece! (AZEVEDO,1983, p.69)

Inês, apesar de ser uma personagem mais prática e direta, não deixa de utilizar a função dissimuladora em alguns anexins. Quando esta viu-se sem o seu pretendente, resolveu aceitar a proposta de Isaias, seduzida pelos bens que ele possuía, e, preocupada em não despertar sua desconfiança, quando ele a interroga se o consentimento lhe é dado por afeição, a mesma desconversa (ou dissimula) com as seguintes palavras: “Isaias – (...) E tu? Amas-me, meu bem? Inês – sossegue: *o amor virá depois. Seja bom marido e deixe o barco andar!*”. (AZEVEDO, 1983, p.77).

Outro aspecto ainda relacionado com o emprego dos anexins na peça é a sedução, uma vez que Isaias os utiliza como instrumento indispensável de sua personalidade para cortejar sua pretendida, Inês. Argumentando sobre as vantagens que ela poderia usufruir dessa relação, ele insinua que, apesar da idade avançada, ainda pode lhe oferecer muita felicidade: “Inês – não desejo enviivar de novo... Isaias- vaso ruim não quebra”. (AZEVEDO, 1983 a, p.71).

E acrescenta que, embora no momento Inês não veja esse enlace com bons olhos, no futuro ela

poderia mudar de ideia: “Inês- (...) Meu Deus, isto foi um mal que me entrou pela porta! Isaías – Há males que vêm para bem”. (AZEVEDO, 1983, p.69).

Outra vez observa-se a presença da função dissimuladora dos provérbios na última cena, quando Isaías, pensando que já não haveria mais chances de conquistar Inês, faz uma velada ameaça de desistência através dos seguintes anexins:

“Isaias (...) Faça-lhe pela milésima vez o meu pedido. Nem todos os há carne gorda. A senhora falou-me em um apaixonado. Por onde andaré ele? Eu estou aqui, e mais vale um pássaro na mão do que dois a voar”. (AZEVEDO, 1983, p.75).

#### 5.4 A função potenciadora

A função potenciadora da metáfora que ocorre sempre que se tenta enfatizar, por meio de hipérbolos ou exageros, a expressão de sentimentos, juízos ou impressões, com intuito de tocar a sensibilidade alheia e conseguir o que se deseja. Isso ocorre porque, segundo comenta Castro (1977.p.87), no seu livro “*Metáforas Machadianas*”, “a evocação de um termo comparante tende a dar maior força, maior intensidade àquilo que expressamos”<sup>18</sup>.

Na peça amor por anexins, alguns provérbios trazem a presença dessa função, principalmente nos momentos em que Isaías, tentando persuadir Inês a aceitá-lo como esposo, utiliza-se do exagero em algumas de suas expressões para impressioná-la.

Quando ele percebe que sua amada não se dá conta que a melhor atitude a tomar seria casar-se com ele, utiliza os seguintes anexins para alertá-la: “Isaias (...) Menina, *antes só do que mal acompanhado... Olhe que o pior cego é aquele que não quer ver[...]*”. (AZEVEDO, 1983, p.71).

Inês, repudiando-o, insulta-o e ele, como sempre, fazendo-se de surdo aos seus comentários, responde-lhe cinicamente, transformando o insulto em qualidade: “Inês – irra! Que homem sem vergonha! Isaías – *quem não tem vergonha, todo mundo é seu...*”. (AZEVEDO, 1983, p.71).

Nesse caso, o exagero está no fato de que, segundo o solteirão, a pessoa que não tivesse nenhuma vergonha, como ele mesmo, conseguiria alcançar tudo o que almejasse na vida. Outro exemplo típico de exagero dá-se quando Inês faz referência à vitalidade e à coragem do seu noivo para desmerecer o solteirão. No entanto, Isaías responde-lhe que seria ele quem acabaria com seu rival. A resposta dada por meio desse provérbio é exagerada porque revela uma reação implacável que seria tomada por alguém que não teria condições de pô-las em prática.

“Inês – ora, por quem é, não faça mal ao pobre moço, sim? Isaías – faça! ... *quem o seu inimigo polpa às mãos lhe morre*. Julga que não estou falando sério? Uma coisa é ver e outra...”. (AZEVEDO, 1983, p.72).

Inês, tentando dissuadi-lo de suas intenções, inventa que já teve, e tem, vários pretendentes, dentre eles, um ricaço, que já lhe houvera feito promessas em outra época e estava novamente interessado nela. Isaías lhe responde ridicularizando esse “dito” interesse, dizendo que quem faz uma promessa e não a cumpre pode perfeitamente fazer uma centena delas sem, necessariamente, cumpri-las.

“Inês – [...] se esqueceu da promessa que me havia feito; mas que está outra vez pelo beicinho” [...] “Isaiás – *cesteiro que faz um cesto faz um cento [...]* Se tiver verga e tempo!”. (AZEVEDO, 1983, p.71).

Como pode-se perceber, a função potenciadora presente na peça, em sua maioria não está expressa claramente pelas figuras que denotam exageros, como as hipérboles, e, sim, pela ideia geral contida nos provérbios, ou seja percebe-se o exagero lendo-se o provérbio inteiro e não somente suas imagens.

## **6 PERSPECTIVA CONTEMPORÂNEA DO ESTUDO DE PROVÉRBIOS NAS AULAS DE LÍNGUA PORTUGUESA DO ENSINO MÉDIO PROFISSIONALIZANTE**

Tendo em vista as propostas curriculares destinadas à educação básica da rede pública de ensino e em particular a de Língua Portuguesa (2008), que serviu de fonte norteadora para esta reflexão e em consonância com a sua abordagem pode-se dizer, segundo esta, que vivemos em um mundo caracterizado pela velocidade, cada vez mais acentuada, de produção e de divulgação do conhecimento. (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUÍS, 2008).

Nesse contexto, a escola tem recebido a responsabilidade de responder a muitos desafios impostos pela modernidade. Levando-se em conta que as informações se processam com muita rapidez, urge a permanente busca por novas tecnologias e outros paradigmas que possam explicar a realidade que configura a produção e a divulgação do conhecimento. Tais considerações apontam para o objetivo principal de um componente curricular que visa, entre outros, o desenvolvimento da competência comunicativa do ser humano, fazendo-o ter participação ativo na construção do saber.

Torna-se, então, fundamental refletir sobre o ensino de Língua Portuguesa como instrumento na formação do cidadão, concretizada na tessitura de um fazer pedagógico, iminentemente crítico e criativo que conduz o/a aluno/a a interpretar sua vida e o mundo a partir da sua condição real de existência.

De acordo com a Proposta Curricular de Língua Portuguesa (2008), a concepção de aprendizagem e de ensino em Língua Portuguesa prevê o aluno/a como sujeito social que aprende atuando de acordo com a cultura de seu grupo social e da sociedade em geral. Não se pode conceber um/a aluno/a que, simplesmente, imita e repete mecanicamente, copia e reproduz informações estanques e sem relação com as questões cotidianas da vida. O aluno/a aprende a aprender, buscando compreender e intervir nas situações de interação social das quais participa, tomando decisões, identificando problemas, comparando ideias, construindo conceitos, produzindo conhecimento, desenvolvendo capacidades. (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUÍS, 2008).

Essas exigências de uma sociedade em contínua transformação estão contempladas na LDB n.9.394/96. Ainda diz a proposta que a inovação tecnológica evidencia, a cada dia, um fato novo no que se refere à linguagem, apontando para a necessidade de aumento da participação no mundo informatizado, sobretudo, dos grupos sociais menos prestigiados, a fim de que não se promova/sustente uma exclusão digital.

Nesse sentido, o letramento representa práticas sociais de linguagem mais amplas que podem reforçar ou questionar as formas por meio das quais o poder é distribuído numa sociedade desigual tanto no campo dos valores simbólicos, como em relação aos bens materiais.

Os usos das linguagens explicitam continuamente as relações entre linguagem e exercício da/cidadania, entre linguagem e poder, linguagem e identidade. No trabalho, na vida doméstica, na política, enfim, nas relações sociais, pode-se afirmar que cada pessoa é um —ser de linguagem, na medida em que a linguagem constitui os seres como humanos. Quem produz linguagem, o faz em determinadas condições de produção. Toda pessoa, ao elaborar um texto oral ou escrito, precisa considerar a quem ele se destina (interlocutor real ou provável) e em que situação de comunicação dar-se-á. (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUÍS, 2008).

O objetivo do ensino de Língua Portuguesa é formar pessoas que sejam capazes de compreender mais e melhor o mundo nos espaços múltiplos de produção de significados sobre a vida. O estudo sobre a linguagem e através da linguagem é fundamental para a reflexão e o funcionamento das práticas sociais a partir da oralidade e da escrita. Por derradeiro, afirma a proposta que no Ensino Fundamental, entendido como um momento de escolarização em que os saberes socialmente constituídos devem contribuir para a compreensão da própria experiência pessoal, entende-se a escola como uma comunidade de leitores e produtores de textos, na qual todo/a professor/a trabalha a leitura e escrita de diversos gêneros textuais. Daí a necessidade de ações por parte dos/as profissionais da educação na direção de um trabalho pedagógico que explicita a natureza multidisciplinar da linguagem e o seu caráter instrumental nas várias áreas de conhecimento. (PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUÍS, 2008).

Embora as várias áreas de conhecimento tenham suas especificidades, no Ensino Médio, todas contribuem para ampliar as relações dos/as alunos/as com os discursos – materializados em textos – presentes no mundo. Assim, no Ensino Médio, é importante o acesso dos alunos/as às várias linguagens para utilizá-las em diversas situações, fatores e aspectos que caracterizam a linguagem oral e escrita: uma conversa ou história contada por colegas, uma narrativa ficcional, uma notícia escrita no jornal, uma carta escrita formal ou informalmente, uma pesquisa para conhecer algum assunto com o objetivo de saber mais a respeito de um tema, um registro escrito para funcionar como memória.

Assim, no que se refere ao ensino de Língua Portuguesa, os PCN ressaltam a necessidade de dar ao/a aluno/a condições de ampliar o domínio da língua(gem), aprendizagem fundamental para o exercício da cidadania, através de um ensino que possa desenvolver seus conhecimentos discursivos e linguísticos para: ler e escrever conforme seus propósitos e demandas sociais; expressar-se apropriadamente em situações de interação oral diferentes daquelas próprias de seu universo imediato; refletir sobre os fenômenos da linguagem, particularmente sobre os que tocam a questão da variedade linguística, combatendo a estigmatização, discriminação e preconceitos relativos aos usos da língua.

Com base em reflexões pertinentes decorrentes da publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais, que norteiam o ensino da Língua Portuguesa no Brasil, e da construção das Propostas Curriculares de diversos estados e municípios brasileiros, apontam para novos caminhos, passa-se a vislumbrar resultados mais satisfatórios em relação ao ensino e à aprendizagem de Língua Portuguesa, em médio prazo. O papel do/a professor/a não apenas de Língua Portuguesa, a quem recai toda a responsabilidade diante das dificuldades apresentadas pelos/as educandos/as no tocante à leitura e à escrita, mas de todos os docentes dos outros componentes curriculares, é essencial para o desenvolvimento das capacidades de compreensão e produção de textos orais e escritos. (BRASIL, 1998).

Como afirma Possenti (2003, p.15), “a única opção de uma escola comprometida com a melhoria da qualidade do ensino está entre ensinar ou deixar aprender” [...] —Qualquer outra implica em conformar-se com o fracasso, ou pior, em atribuí-lo exclusivamente ao aluno. Entendemos que a pretensão de pesquisar os provérbios a partir do ensino da Língua

Portuguesa é possível e desejável por que sendo a Língua Materna um instrumento linguístico privilegiado para a formação das representações do mundo do indivíduo, esta aceita e permite o uso dos mais variados aparatos de comunicação para facilitar o seu entendimento e a sua eficácia para as diversas classes sociais.

Como ponto de partida e diante das reais condições por que passam os estabelecimentos de ensino, deve-se pensar como trabalhar as variações linguísticas, e dentre estas, os provérbios, em

contexto educativo que tendem a facilitar e compreensão de conteúdos pelos alunos, e também a motivação dos educadores pelo resgate desta variante da língua materna.

De acordo com Ferreira e Vieira (2013) com a disseminação dos provérbios, houve uma extensão da função de ensinamento moral para a função de provocar efeitos de sentido, evidenciando cultura sábia e ornamento estilístico. Na contemporaneidade, observamos uma tendência para o uso dos provérbios com a função de crítica social, servindo como argumento de vários temas, como política, artes, ciência, economia etc. (CÔRTEZ, 2008).

Os provérbios apresentam forte valor cultural, pois permitem conhecer os aspectos característicos da sociedade em que está inserido e preservar as tradições, oferecendo um campo muito vasto para aquele que pesquisa a língua de um povo. De acordo com Côrtes (2008), o provérbio consiste em um enunciado que se fixa na memória e instiga a sua repetição.

Segundo Lacerda (2008, p.8) os provérbios “são empregados para expressarem crenças, pontuações, reafirmações, interpretações e como estratégia de intervenção do indivíduo nas suas diferentes formas de inserção social.” Nesse sentido, podem ser considerados como parte da literatura oral, exercendo as funções de recreação e argumentação. Na função de recreação, esse gênero textual se presta a enriquecer os discursos humorísticos nos quais buscam provocar risos e fazer críticas. Na função de argumentação, os provérbios podem exercer uma linha de confirmação ou de contestação.

Os ditos de cunho confirmatório servem para explicar, exemplificar, esclarecer, comprovar ou reforçar um determinado ponto de vista, como pode ser percebido no exemplo: “*Quem nunca comeu melado quando come se lambuza*”. Já os provérbios de cunho contestatório têm o objetivo de criticar, questionar e/ou denegar a credibilidade e a confiabilidade do conteúdo expresso pelo provérbio, como no exemplo: “Pau que nasce torto morre torto”. Além dessas duas funções, Côrtes (2008) acrescenta os ditos de cunho irônico, que, de certa forma, provocam, fazem parte do gênero que tem como alvo polemizar os conceitos artísticos e os paradigmas sociais. Nesse sentido, podemos considerar que a função social do provérbio é evidenciar uma sabedoria (ainda que seja anônima) relacionada às experiências humanas e de contestação quase improvável.

## 7 CONCLUSÃO

Diante do estudo feito sobre a função estética da metáfora, nos provérbios da peça “Amor por Anexins”, verificou-se que a linguagem utilizada nos anexins apresenta um forte caráter estético, devido principalmente à presença da metáfora em seu conteúdo.

Percebeu-se que a utilização da metáfora nos provérbios sempre tem uma função primordial, uma vez que sempre se usa a metáfora no provérbio com alguma intenção.

Embora alguns estudiosos tenham verificado a existência de várias funções da metáfora, a função estética é a que está diretamente relacionada ao campo de estudo desta pesquisa, pois é utilizada para expressar os estados d’alma, impressões, juízo de valor e/ou sentimentos. Devido a essa utilidade, a função estética é constantemente utilizada na linguagem cotidiana e na linguagem literária.

Constatou-se também que suas subfunções dissimuladora e potenciadora representam dois polos antagônicos, pois, a primeira, como o próprio nome sugere, dissimula, tenta suavizar o que está expresso, enquanto a segunda busca alcançar seu objetivo expressando-se de forma mais exagerada possível.

Conclui-se, então, que a importância da presença da metáfora para os provérbios dá-se porque elas têm a função de auxiliar a expressar os sentimentos subjetivos de maneira mais precisa e mais facilmente perceptível, de acordo com a intenção do emissor. Não há dúvidas de que o espaço da gramática nas escolas é considerável em relação às atividades de oralidade, leitura e escrita. Contudo, na maioria das vezes, desprezando quase que absolutamente a atividade de reflexão e operação sobre a língua, a gramática é, restritamente, uma atividade de metalinguagem, de exercício da norma padrão. Nesse contexto, o texto é apenas um pretexto, pano de fundo para a rotulação de classes e funções sintáticas, catalogações que hipoteticamente fariam o/a aluno/a falar e escrever melhor.



## REFERÊNCIAS

- ARISTÓTELES. **Arte retórica e Arte poética**. Trad. de Antônio Pinto Carvalho. Rio de Janeiro: edições de Ouro, 1969. (Especialmente Poética XI e XII; retórica II, III, IV, X, XV).
- AZEVEDO, Artur. **A capital federal, o badejo, a joia, amor por anexins**. [estabelecimento de texto: Prof. Antônio Martins de Araújo]. Rio de Janeiro: Ediouro, 1983.
- BARROS, Enéas Martins de. **Gramática da Língua Portuguesa**. São Paulo: Atlas, 1991.
- BRASIL. Secretaria de Educação. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Língua Portuguesa**. Brasília: MEC/SEF, 1998.
- BUYSSSENS, Eric. **Semiologia e Comunicação linguística: dizer e não dizer**. São Paulo: Cultrix, 1972.
- CÂMARA JR., J. Mattoso. **Dicionário de Linguística e gramática**. 9 ed. Petrópolis: Vozes, 1981.
- CARROLL, Lewis. **Alice no país das maravilhas**. Petrópolis: Vozes, 1965.
- CARVALHO, José G. **Herculano de. Teoria da linguagem: natureza do fenômeno linguístico e análise das línguas**. Coimbra: Atlântica Editora, 1974. (V.II).
- CASTRO, Valter de. **Metáforas Machadianas: estruturas e funções**. Rio de Janeiro: Livro técnico, 1977.
- CÔRTEZ, M. T. G. **Os Provérbios franceses utilizados como argumentação nas crônicas de arte**. 2008. Tese (Mestrado) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. 133 f.
- ELIA, Silvio. **Orientações de linguística moderna**. 2ed. Rio de Janeiro: Livro técnico, 1978.
- ELSON, Benjamin; PICKET, Velma. **Introdução à Morfologia e a Semântica: tentativa e experimento**. Petrópolis: Vozes, 1973.
- ENCICLOPÉDIA BRASILEIRA MÉRITO. São Paulo: Mérito, 1967, v. 16.
- FERREIRA, Helena Maria; VIEIRA, Mauricéia Silva de Paula. O trabalho com o gênero provérbio em sala de aula. **Revista Línguas & Letras – Unioeste**, v. 14, n. 26 (Primeiro Semestre) 2013.
- FIORIO, Nilton Mário. **Quem conta um conto...: metáfora rural de provérbios em língua portuguesa**. Goiânia: UCG, 1995.
- HOCKETT, Charles. **Curso de Linguística Moderna**. São Paulo: Eudeba, 1972.
- GARCIA, Othon M. **Comunicação em Prosa Moderna**. 14 ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.
- GLEASON, Henry Allan. **Introducción a la linguística descriptiva**. Buenos Aires: Greda, 1970.
- GRANDE ECICLOPÉDIA DELTA LAROUSSE. Rio de Janeiro: Delta, v. 12, 1972.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5 ed. São Paulo, Editora Atlas, 2010.

LACERDA, J. C. de. **Provérbio popular: um agenciamento na produção subjetiva.** Betim: Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2008.

LLORACH, Emílio Alarcos. **Gramática Estrutural.** Madrid: Gredos, 1969. LYONS, Jonh. **Semântica Estrutural.** Lisboa: Presença, 1963.

PAULINA, Leticia. **A peça Amor por Anexis.** 2012. Disponível em: <http://amorporanexins.blogspot.com/p/peca.html>. Acesso em: 04 mar.2019.

POSSENTI, Sírio. **Questões de Análise do Discurso.** São Paulo: Parábola, 2003.

SILVA, José Maria da; SILVEIRA, Emerson Sena da. **Apresentação de trabalhos acadêmicos: normas e técnicas.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

PREFEITURA MUNICIPAL DE SÃO LUIS. Secretaria Municipal de Educação. **Proposta Curricular – Língua Portuguesa - Ensino Fundamental - 3º e 4º Ciclos.** São Luís. 2008.

ULLMAN, Stephen. **Semântica: uma introdução a ciência do significado.** São Paulo: Fundação Calouste Gulbenkian. 1961.

**Entrevista com Mariano Amaral - Presidente da Academia Maranhense de Ciências (AMC), por Alan Kardec e Nonato Pires**

A criação de um periódico é sempre bem recebido em meio acadêmico e também na sociedade em que habitamos. Neste aspecto:

**RMACL:** A criação de um periódico na AMC representa um avanço no conhecimento que merece ser divulgado para a sociedade?

**Mariano Amaral:** Uma revista publicada pela AMC é definitivamente um avanço, pois o caráter multidisciplinar representa uma oportunidade para o crescimento e consolidação da publicação da comunidade científica no Maranhão. Este fato é merecedor de ser divulgado à sociedade, pois uma das finalidades é a de fazer uma democratização dos autores, pois é função da AMC permitir o crescimento da ciência, da tecnologia e da inovação.

**RMACL:** Quais contribuições este periódico traz para a popularização do conhecimento científico?

**Mariano Amaral:** Como se afirmou acima além de permitir a expansão da população autora de artigos científicos e técnicos, esta revista (e outras que aparecerão no porvir) terão acesso livre, o que se torna um fato básico para que o conhecimento seja mais difundido nas comunidades de estudantes de todo espectro de formação educacional, o que representa uma inovação, a verdadeira popularização da ciência.

**RMACL:** Podemos observar a apresentação de inovações significativas?

**Mariano Amaral:** Toda e qualquer inovação, por menor que seja, tem impacto positivo junto aqueles que usam o serviço ou o produto objeto da inovação. Neste sentido, a Revista Maranhense – Artes, Ciência e Letras é um marco definitivo no estabelecimento de uma política, há muito desejada, que é a de publicar uma revista científica democrática, maranhense e sem restrições.

**RMACL:** Pode ter impacto na sociedade ou na definição de políticas públicas?

**Mariano Amaral:** É evidente o impacto esperado na sociedade é grande, pois a AMC como uma instituição de ciência, tecnologia e inovação, tem um papel relevante no Estado. Este fato, associado a outros de caráter discursivo de problemas que afligem nossa sociedade, cujos resultados podem e devem ser relatados ou publicados nesta revista fornecerão base para o estabelecimento de novas políticas públicas nas mais diversas áreas da atividade humana.

**RMACL:** É possível fazerem um balanço, uma avaliação de como percebem a questão das temáticas que passam durante o tempo pela revista? Elas ainda guardam essa relação tão direta com a situação do País, com as temáticas mais importantes?

**Mariano Amaral:** (Não entendi a pergunta, mas vou dissecar o que penso sobre isto)

Como a temática da revista, hoje, se encontra aberta, podendo ou não existir no futuro edições com temática fechada, um balanço ou avaliação da percepção sobre isto, hoje é impossível. É possível se avaliar a necessidade de se estabelecer, no porvir, em edições especiais, temas específicos que guardem uma relação direta sobre o que se passa em nosso País, sem, contudo se levar para um lado político (no sentido partidário), mas nos entrincheirando na defesa da ciência, da tecnologia e da inovação.

Parabenizo a equipe da AMC, liderada pelo prof. Alan Kardec Pacheco Filho que com empenho, competência e sapiência está levando à frente os trabalhos para tornar real a nossa Revista Maranhense – Artes, Ciências e Letras.