

MNPEF
Mestrado Nacional
Profissional em
Ensino de Física



UNIVERSIDADE FEDERAL DO SUL E SUDESTE DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Márcio Queiroz de Oliveira

**USO DE SOFTWARE GRÁFICO COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA
INSERÇÃO DE TÓPICOS DE MECÂNICA VIBRATÓRIA NO ENSINO MÉDIO**

Marabá - PA

2020

Márcio Queiroz de Oliveira

**USO DE SOFTWARE GRÁFICO COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA
INSERÇÃO DE TÓPICOS DE MECÂNICA VIBRATÓRIA NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará (Unifesspa), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Saymon Henrique Santos Santana

Marabá - PA

2020

Márcio Queiroz de Oliveira

**USO DE SOFTWARE GRÁFICO COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA
INSERÇÃO DE TÓPICOS DE MECÂNICA VIBRATÓRIA NO ENSINO MÉDIO**

Orientador:
Saymon Henrique Santos Santana

Dissertação de conclusão do Mestrado Profissional em Ensino de Física,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em
Ensino de Física

Aprovada por:

Dr. Saymon Henrique Santos Santana (Orientador)

Dr. José Elisandro de Andrade (membro interno)

Dr. Tiago Franca Paes (membro externo)

Marabá - PA
2020

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Setorial II da UNIFESSPA

Oliveira, Márcio Queiroz de

Uso de software gráfico como ferramenta metodológica para inserção de tópicos de mecânica vibratória no ensino médio / Márcio Queiroz de Oliveira ; orientador, Saymon Henrique Santos Santana. — Marabá : [s.n.], 2020.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Instituto de Ciências Exatas – ICE, Mestrado Nacional em Ensino de Física – MNPEF, Marabá, 2020.

1. Física – Estudo e ensino. 2. Tecnologia educacional. 3. Ensino – Meios auxiliares. 4. Vibração. I. Santana, Saymon Henrique Santos, orient. II. Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará. III. Título.

CDD: 22. ed.: 530.07

A Deus, em primeiro lugar, e à minha família que vem me apoiado e me ajudando a realizar esse sonho. Também aos meus colegas de viagem.

À Marlene, pelo amor e carinho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus professores e ao meu orientador e amigo Dr. Saymon Henrique Santos Santana, pela dedicação e ensinamentos.

A todos os colegas que estão nesta jornada junto comigo.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

USO DE SOFTWARE GRÁFICO COMO FERRAMENTA METODOLÓGICA PARA INSERÇÃO DE TÓPICOS DE MECÂNICA VIBRATÓRIA NO ENSINO MÉDIO

Márcio Queiroz de Oliveira

Orientador:

Saymon Henrique Santos Santana

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

As ferramentas computacionais são uma alternativa para os professores no enriquecimento das aulas de Física, promovendo estratégias de ensino aos alunos e facilitando a compreensão e o desenvolvimento de habilidades. Há uma grande problemática nos alunos em compreender os temas de vibrações aplicados. A falta da devida contextualização e a recorrência exclusiva ao formalismo matemático em um cenário de estudantes com defasagem de aprendizagem são fatores que dificultam o processo de construção do saber. Nessa perspectiva, os softwares educacionais apresentam uma alternativa de intervenção metodológica na compreensão de conteúdo, visto que simulações são facilitadoras no entendimento de fenômenos físicos. Sendo assim, este trabalho propõe o uso do software gráfico Gnuplot como ferramenta para a obtenção de melhores resultados no processo de ensino-aprendizagem. Partindo de uma investigação preliminar distribuída para professores de diferentes regiões do país, um conjunto de roteiros do software de fácil manipulação foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar os professores na inserção de tópicos de Mecânica Vibratória durante as aulas de Física do ensino médio. Os scripts/roteiros permitem a construção de gráficos e animações que descrevem a resposta de diversos sistemas em função do tempo ou outros parâmetros.

Palavras-chave: Intervenção metodológica. Mecânica Vibratória. Gnuplot.

ABSTRACT

USE OF GRAPHIC SOFTWARE AS A METHODOLOGICAL TOOL FOR INSERTING VIBRATORY MECHANICAL TOPICS IN EDUCATION

Márcio Queiroz de Oliveira

Supervisor:

Saymon Henrique Santos Santana

Master's dissertation submitted to the Postgraduate Program of the Institute of Exact Sciences of the Federal University of South and Southeast of Pará, in the Professional Master's Degree in Physics Education (PMDPE), as part of the necessary requirements to obtain the title of Master in Physics Teaching

Computational tools are an alternative for teachers to improve physics classes, promoting teaching strategies to students, facilitating understanding and skill development. There is an understand problem from the students about the applied vibrational physics theme. The lack of proper contextualization, the exclusive recurrence of mathematical formalism in a scenario of students with a teaching gap are factors that hinder the process of knowledge construction. From this perspective, educational software is presented as an alternative methodological intervention in the comprehension of content, since simulations are facilitators in the understanding of physical phenomena. This work proposes the use of Gnuplot graphic software as a tool to obtain better results in the teaching-learning process. Starting from an investigation conducted with teachers from different regions of the country, a set of easy-to-manipulate software scripts was developed to assist teachers in inserting Vibratory Mechanics topics into high school physics classes. Scripts allow the construction of graphs and animations that describe the response of various systems as a function of time or others parameters.

Keywords: Methodological intervention. Vibratory Mechanics. Gnuplot.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de massa mola.....	26
Figura 2: posição em função do tempo no MHS	27
Figura 3: Energia no MHS em função do período τ	29
Figura 4: Representação de um oscilador harmônico amortecido	29
Figura 5: Casos críticos, subcrítico e supercrítico do movimento amortecido.....	31
Figura 6: Representação do oscilador unidimensional amortecido e forçado	31
Figura 7: Amplitude do deslocamento do oscilador em função da razão entre as frequências ω e ω_E	32
Figura 8: Evento da ressonância destrutiva na ponte de Tacoma Narrows	33
Figura 9: Formação dos professores entrevistados	35
Figura 10: Curso de pós-graduação dos professores entrevistados.....	35
Figura 11: Tempo de docência dos professores entrevistados	36
Figura 12: Rede das escolas dos professores entrevistados	36
Figura 13: Quantidade de turmas dos professores entrevistados	37
Figura 14: Professores que trabalham temas de mecânica vibratória nas suas turmas de ensino médio	38
Figura 15: Professores que acham importante trabalhar mecânica vibratória	38
Figura 16: Interesse dos alunos ao estudarem mecânica vibratória	39
Figura 17: Qual metodologia você utiliza nas aulas de mecânica vibratória	39
Figura 18: Quando você utiliza metodologias inovadoras os alunos apresentam alguma melhora na aprendizagem	40
Figura 19: Utilizaria uma metodologia inovadora em sala de aula para ensinar temas de mecânica vibratória	40
Figura 20: Qual a principal dificuldade encontrada para trabalhar temas de mecânica vibratória nas turmas de ensino médio	41
Figura 21: Utiliza algum software em sala de aula, como ferramenta didática para apresentação do conteúdo.....	41
Figura 22: Qual o seu conhecimento sobre mecânica vibratória?	44
Figura 23: Qual sua dificuldade ao estudar Física?	45
Figura 24: Qual o grau de importância do estudo de mecânica vibratória na disciplina de Física.....	45
Figura 25: A representação gráfica facilita a compreensão dos conteúdos de Física?	46
Figura 26: O uso de aplicativos dentro de uma aula contextualizada pode contribuir para a compreensão dos conteúdos de Física?	46
Figura 27: Você faz uso de aplicativos no celular para fins estudantis?.....	47

Figura 28: Após a utilização do aplicativo Gnuplot nas aulas de mecânica vibratória, qual seu grau de conhecimento deste conteúdo?	47
Figura 29: Após a utilização do aplicativo nas aulas de Física, você saberia citar quais são os fenômenos estudados em mecânica vibratória?	48
Figura 30: Após a utilização do aplicativo nas aulas de Física, você afirmaria que a ressonância destrutiva, faz parte do conteúdo de mecânica vibratória?	48
Figura 31: Após a utilização do aplicativo Gnuplot, você afirmaria que o amortecedor de moto tem fundamentação em mecânica vibratória	49
Figura 32: Após a utilização do aplicativo Gnuplot, você citaria com facilidade quais os componentes básicos do MHS?	49
Figura 33: Após a utilização do aplicativo Gnuplot, como você classificaria a contribuição dele para ampliar seus conhecimentos no ensino mecânica vibratória.	50
Figura 34: Aplicação do produto na turma M1ER01.	51
Figura 35: Aplicação do produto na turma M1ER02.	51

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Justificativa	11
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo principal	12
1.2.2 Objetivos secundários	13
1.3 Estrutura da dissertação.....	13
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	14
2.1 O ensino de Física e a importância da introdução de métodos laboratoriais no desenvolvimento pedagógico.....	14
2.2 É possível levar a mecânica vibratória para o ensino médio?	17
2.3 Teoria da aprendizagem Significativa.....	18
3 METODOLOGIA	22
3.1 Metodologia da pesquisa	22
4 MECÂNICA VIBRATÓRIA E MOVIMENTO OSCILATÓRIO	24
4.1 Históricos da mecânica vibratória.....	24
4.2 Movimentos harmônicos simples e movimento amortecido	25
4.2.1 Movimento harmônico simples.....	25
4.2.2 Movimento amortecido.....	29
4.2.3 Oscilações forçadas e ressonância	31
4.2.3.1 Oscilações forçadas	31
4.2.3.2 Ressonância	32
5 INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR PARA APLICAÇÃO DA INTERVENÇÃO METODOLÓGICA	34
5.1 Público alvo e coleta de dados	34
5.1.1 Perfil dos entrevistados	34
5.1.2 Perfil da instituição de ensino	36
5.1.3 Quais as perspectivas para inserções metodológicas no ensino médio	37
5.2 Discussão e análise dos dados coletados	41
6 RESULTADOS FINAIS	44
6.1 Resposta e análises do questionário 1.....	44
6.2 Resposta e análises do questionário 2.....	47
7 TRABALHOS EM ANDAMENTO: PERSPECTIVAS DE RESULTADOS	51
CONCLUSÃO	53
REFERÊNCIAS	56
APÊNDICES	59

1 INTRODUÇÃO

Os esforços para melhoria contínua da educação estão apoiados em diversas estratégias metodológicas. Enquanto isso, nos tempos atuais, a redução da defasagem no ensino de ciências exatas configura como uma das grandes preocupações dos professores tanto dos níveis médio, quanto superior.

De acordo com Freitas e Villiani (2002):

Destacamos a necessidade que surge, nos últimos anos, em pensar na formação do professor como uma tentativa de produzir um profissional capaz de localizar os desafios mais urgentes de uma sociedade “multimídia e globalizada”, em que o rápido desenvolvimento científico e tecnológico, impõe uma permanente reconstrução de conhecimentos, saberes, valores e atitudes.

Nessa perspectiva, a inserção de novas metodologias pode constituir como um artifício eficiente para aumentar o interesse dos discentes nos conteúdos ministrados e, conseqüentemente, facilitar o processo de aprendizagem.

O ensino de mecânica vibratória geralmente não é abordado no ensino médio de maneira satisfatória. A falta de uma devida contextualização ao tema e a recorrência exclusiva ao formalismo matemático, em um cenário de estudantes com defasagem de ensino, são fatores que dificultam o processo de construção do saber. Além disso, inclui-se a falta de uma carga horária que seja suficiente para que os conteúdos sejam transmitidos com qualidade.

A apresentação desses temas, quando ocorre, se dá de maneira limitada, atendo-se apenas à uma breve apresentação de conceitos, deixando de se aprofundar, por exemplo, em suas aplicações diárias.

Em virtude desse comportamento, enfrenta-se alguns mitos que dificultam a adesão dos alunos aos conteúdos, ao passo em que é notória a necessidade de se tornar as aulas estimulantes. O tratamento de temas em mecânica vibratória tem estreita relação com a Física do cotidiano, presente no funcionamento de inúmeros dispositivos como: veículos, bombas, máquinas de lavar, etc., que podem ser usados como exemplos práticos desse tipo de fenomenologia.

Alguns autores, como Pereira e Aguiar (2006), afirmam que as aulas de Física estão sendo apenas teóricas e fora da realidade do aluno, apresentando apenas casos clássicos de mecânica, termologia e eletromagnetismo. O ensino de Física deve

ter sua aplicabilidade experimental acessível ao entendimento do discente, facilitando a assimilação do conteúdo ministrado.

Alguns conteúdos de Física, entretanto, não são normalmente contemplados nas turmas de ensino médio. Contudo, tópicos como vibrações livres, amortecidas e/ou forçadas, embora estejam associados a uma fundamentação matemática mais complexa do que a vista no ensino médio, podem ser trabalhados satisfatórios em caráter qualitativo.

Pesquisadores como Ostermann e Moreira (2000) têm contribuído com propostas mais contextualizadas para o ensino de Física, onde os professores usem a curiosidade dos alunos para inserir os temas voltados ao seu cotidiano, tornando, assim, a aula mais atrativa e interessante para que o aluno se sinta parte integrante dela.

Nesse sentido, cabe aos professores de Física do ensino médio valerem-se dessa oportunidade de aplicar os mais diversos conceitos, aproveitando as facilidades encontradas atualmente para o ensino de Física. Existem várias alternativas para facilitar esse trabalho, como aplicativos e simuladores, que podem auxiliar o professor como ferramenta de trabalho.

Dentre as possibilidades, destaca-se o uso do “Gnuplot”, que é uma ferramenta livre disponível para celulares e computadores. Sua execução é possível na maioria dos sistemas operacionais (Linux, Unix, Windows, MAC OS X, Android), e pode ser utilizada tanto a partir de computadores quanto celulares (smartphones). O uso dessa ferramenta pode ajudar professores e alunos de Física do ensino médio a irem além dos conceitos básicos, visualizarem os gráficos e animações das aplicações em mecânica vibratória de forma bidimensional e tridimensional.

1.1 Justificativa

Segundo Moreira (2018), as escolas brasileiras na maioria das vezes não dispõem de recursos como laboratórios de ciências ou informática e, visto que ter um laboratório para trabalhar o conteúdo de mecânica vibratória está fora da realidade da grande maioria das escolas de ensino médio, os professores de Física do Ensino Médio precisam utilizar a criatividade a fim de explorar as possibilidades de inserção dessa parte da Física nas escolas, instigando o aluno a ser parte importante no

desenvolvimento das aulas e fazendo com que ele se sinta construtor desse conhecimento.

Segundo Valadares (2002):

Embora a falta de recursos financeiros e o pouco tempo que os educadores dispõem para conceber aulas mais atraentes e motivadores sejam fatores que contribuem para o cenário dominante nas escolas, talvez o obstáculo mais decisivo seja de natureza cultural. Neste contexto, propomos uma metodologia de ensino de ciências simples, factível e de baixo custo e, mais importante ainda, que leve em conta a participação dos alunos no processo de aprendizagem.

Os ambientes de simulação possibilitam ao aluno a ampliação de sua capacidade de formular perguntas e não simplesmente encontrar respostas FERRACIOLI (1999).

As ferramentas gráficas têm o papel de estimular visualmente alguns conceitos abstratos de mecânica vibratória. Mesmo em meio às dificuldades financeiras, a grande maioria dos jovens possui celular e pode baixar o aplicativo Gnuplot, pois, o uso do software é livre sem consumo de dados de internet. Assim, supervisionado/orientado por professores, é um grande aliado na inserção de temas gráficos, dentre eles o tema de mecânica vibratória.

O estímulo visual torna mais fácil a aprendizagem do aluno, uma vez que o conhecimento fica evidente, tanto aos professores como aos alunos, sobre os mais diversos temas e conceitos de mecânica. Os alunos não irão apenas ler e imaginar, também conhecerão como funciona, e isso é algo muito importante na construção do conhecimento.

Com a proposta de melhorar o desempenho das aulas do professor trazendo novas alternativas metodológicas, este trabalho se baseia no uso de uma apostila com roteiros (scripts)¹ do software Gnuplot, que é uma ferramenta para a criação de gráficos e animações que estimulem visualmente alguns tópicos de mecânica vibratória no ensino médio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo principal

¹ No meio da programação os roteiros também são referenciados através do termo script.

O objetivo desse trabalho é estimular os professores a trabalharem temas de mecânica vibratória, através de ferramentas gráficas de uso livre, com metodologias que facilitem a aprendizagem dos alunos.

1.2.2 Objetivos secundários

- Apresentar os fenômenos do cotidiano estudados na mecânica vibratória;
- Desenvolvimento de um manual para uso dos professores do Ensino Médio, com os comandos básicos do Gnuplot, que possam ser usados para descrever fenômenos de mecânica vibratória para os alunos do ensino médio;
- Estimular os professores a incluírem o conteúdo de mecânica vibratória em seu plano anual;
- Melhorar o interesse da turma nas aulas de Física.

1.3 Estrutura da dissertação

Este trabalho está estruturado em seis capítulos. No Capítulo 1 foram apresentados a introdução ao tema, a justificativa e os objetivos.

No Capítulo 2 foi feita a fundamentação teórica enfatizando a importância do ensino de Física, os trabalhos relacionados ao ensino de mecânica vibratória no ensino médio e a teoria da aprendizagem significativa.

No Capítulo 3 apresenta-se a metodologia e a motivação para a realização deste trabalho.

O Capítulo 4 busca demonstrar os conceitos e o histórico da mecânica vibratória, evidenciando o estudo do movimento harmônico simples, movimento amortecido (casos críticos, subcrítico, supercrítico), oscilações forçadas e ressonância.

No Capítulo 5 são expostos os resultados das pesquisas realizadas com os professores de Física do ensino médio, destacando a importância de se trabalhar temas de mecânica vibratória.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as perspectivas para a aplicação dessa metodologia, bem como para a extensão do produto educacional para aplicações em outros temas passíveis de serem trabalhados no ensino médio.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 O ensino de Física e a importância da introdução de métodos laboratoriais no desenvolvimento pedagógico

O ensino de Física nas escolas de ensino médio tem enfrentado dificuldades. Na maioria dos casos, devido a fatores como defasagem de base matemática ou indisponibilidade de tempo e recursos. Então, os professores ficam restritos ao ensino da Física clássica com aulas teóricas expositivas e pouca contextualização.

Dentre as possíveis causas das dificuldades para se ensinar Física no Brasil destaca-se o pensamento de Agostin (2008):

Essa tentativa de resolver os inúmeros problemas no ensino de Física, tais como o currículo deficiente, conteúdo e metodologias desatualizados e desvinculados da realidade dos alunos, formação insuficiente dos professores, professores desestimulados devido a baixos salários e sobrecarga de atividades de preparação e aplicação de aulas e provas, dentre outras, vem se repetindo há anos. Esses problemas não são novidades, nem para os professores nem para os pesquisadores na área de Ensino de Ciências.

Sendo assim, percebe-se que a existência de um problema estrutural, englobando diversos fatores causados, especialmente, pelo sucateamento da educação pública, que acaba tornando difícil o planejamento de aulas mais criativas e práticas.

De acordo com as Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica, (2013)

Essa distância necessita ser superada, mediante aproximação dos recursos tecnológicos de informação e comunicação, estimulando a criação de novos métodos didático-pedagógicos, para que tais recursos e métodos sejam inseridos no cotidiano escolar. Isto porque o conhecimento científico, nos tempos atuais, exige da escola o exercício da compreensão, valorização da ciência e da tecnologia desde a infância e ao longo de toda a vida, em busca da ampliação do domínio do conhecimento científico: uma das condições para o exercício da cidadania. O conhecimento científico e as novas tecnologias constituem-se, cada vez mais, condição para que a pessoa saiba se posicionar frente a processos e inovações que a afetam. BRASIL (2013, p.25)

A utilização da tecnologia na escola depende de vários fatores, dos quais o imprescindível é o de querer aceitar a mudança, além do esforço contínuo para aprender e a ensinar, segundo CANAVARRO (2019):

É verdadeiramente importante para a Indústria 4.0 que as novas gerações e as atuais sejam competentes para que a mudança desejada aconteça na economia. As pessoas, mesmo na era das máquinas, dos dados, dos robôs, dos drones, serão o fator chave.

De acordo com CANAVARRO (2019) deve-se haver um esforço público para uma educação mais capaz de incentivar sujeitos protagonistas de maneira inesgotável para o chamado mundo desenvolvido.

Para isso, é imprescindível que as gerações atuais e as novas gerações tenham controle e conhecimento das novas tecnologias, para que os postos de trabalho que surgirão possam encontrar pessoas capacitadas para ocupá-los.

De acordo com CANAVARRO (2019):

E importará que políticas públicas de educação, de formação profissional, de emprego e de inovação tenham também um papel amortecedor do risco da mudança, para que esta, como a entendemos, se torne muito mais oportunidade do que ameaça.

Assim, as escolas e os estudantes devem se preparar para o novo mercado de trabalho proporcionado pela indústria 4.0, pois ela implicara em grandes mudanças principalmente na forma de aprender e a de ensinar.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) sugerem que a Física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos presentes tanto no cotidiano mais imediato, quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. BRASIL (2002)

O conteúdo contemporâneo para o ensino de Física precisa levar em consideração temas atuais e de entendimento de mundo para formar cidadãos conscientes que se sintam parte do meio. Somado a isso, o professor deve estar preparado e dominar o conteúdo, levando seu aluno a uma reflexão sobre o assunto explanado em sala de aula. Quanto a isso, Driver (1983 apud Carlise, 2007) menciona que:

Por um lado, se espera que os aprendizes explorem um fenômeno por si mesmos, colem dados e façam inferências baseadas nestes dados; mas por outro, este processo é intencionalmente encaminhado para a lei ou princípio aceito atualmente” (p.3). Nós esperamos que os professores convidem seus alunos a construir um significado, mas ao mesmo tempo, se espera que eles construam o significado correto.

De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), em sua competência 1 para as ciências da natureza e suas tecnologias no ensino médio,

espera-se que os alunos sejam capazes de analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, baseados nas interações e relações entre matéria e energia, propondo que aperfeiçoem processos produtivos de maneira individual ou coletiva, minimizando impactos socioambientais para proporcionar melhores condições de vida em âmbito local, regional e global. BRASIL (2017)

Dentro dessa competência 1, deve-se considerar a habilidade (EM13CNT101) que se trata da:

Análise e representação, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas. BRASIL (2017)

Diante de toda essa perspectiva, o ensino de Física requer cada vez mais que o professor promova meios alternativos de possibilitar um ensino de qualidade que articule teoria e prática, fazendo com que o aprendizado do aluno seja mais significativo.

Segundo Dasgupta (2011), a utilização de animações computacionais pode contribuir com a aprendizagem do aluno levando-o a conhecer conceitos de difícil compreensão.

Desta forma, a abordagem deste trabalho se baseia no ensino de Física através de três frentes: estudar o movimento harmônico simples; casos de amortecimento; oscilações forçadas e ressonância.

A abordagem do ensino de mecânica vibratória, para ser mais eficiente, deve evidenciar as informações que o aluno traz de sua própria leitura de mundo e o papel do professor é aproveitar o uso das várias tecnologias presentes no cotidiano do aluno, nessa perspectiva percebe-se a importância de se introduzir conceitos básicos de mecânica vibratória, uma vez que as tecnologias estão cada vez mais acessíveis.

Para tornar o ensino de Física mais atrativo e fazer com que o aluno resgate o interesse pela Física e desenvolva habilidades com estímulo de sua criatividade, é imprescindível que a aula seja mais atrativa e, para isso, devem ser construídos modelos que ilustrem, através de simulações, os conceitos da mecânica vibratória e suas aplicações práticas.

2.2 É possível levar a mecânica vibratória para o ensino médio?

Há diversas estratégias de trabalho para se desenvolver um conteúdo em uma classe de alunos. Professores podem utilizar ferramentas tais como: quadro, apostilas datashow, filmes etc., sempre com o objetivo de que o aluno absorva o máximo de conhecimento.

Nesse sentido, Arantes, Miranda e Studart (2010, p. 28) destacam que:

[...] conexão com o mundo real e incentivo à experimentação e observação de fenômenos; favorecer a interdisciplinaridade; oferecer alto grau de interatividade para o aluno; possibilitar múltiplas alternativas para soluções de problemas; ter combinação adequada e balanceada de textos, vídeos e imagens; apresentar retroalimentação e dicas que ajudem o aluno no processo de aprendizagem; estar identificados por área de conhecimento e nível de escolaridade; apresentar facilidades de uso, possibilitando acesso intuitivo por parte de professores e alunos não familiarizados com o manuseio do computador; apresentar fácil funcionamento e execução na Web para que de fato possam ser incorporados ao cotidiano do professor nos tempos atuais.

No estudo de Física, além dos recursos audiovisuais, a prática laboratorial e vivencial do conteúdo leva o aluno a ter uma noção mais aprofundada, deixando de lado a visão de mera matemática aplicada à Física. Com isso, a mecânica vibratória acaba demandando do professor um preparo mais significativo no desenvolvimento das atividades em sala de aula.

Segundo o Instituto de Educação Tecnológica IETEC (2012), cerca de 40% dos alunos que ingressam nos cursos superiores nas áreas de engenharia apresentam sérias dificuldades com o estudo das disciplinas de cálculo e Física, sendo que muitos acabam desestimulados e até mesmo abandonam o curso.

Uma forma de ajudar a diminuir esses índices de evasão seria colocar em prática, ainda no ensino médio, uma metodologia que levasse os alunos a enxergar os conteúdos de Física além dos cálculos, proporcionando uma visão de interação com as práticas utilitárias dos conceitos de Física de seu cotidiano.

Segundo os autores Ha e Fang (2013), há um benefício considerável na aprendizagem dos alunos do curso de engenharias quando há uma inserção do uso de simulações e animações de computadores, o que intervém diretamente na visão espacial do aluno.

Os autores AL-Maghrabi e El-Abbasy (2014) revelam que estudos aplicados, em 2011 e em 2013, apontaram uma eficácia significativa na aprendizagem dos alunos no momento em que associaram o ensino de dinâmica e vibrações a softwares computacionais.

A inserção desses conteúdos de mecânica vibratória e oscilações deve priorizar o conhecimento que aluno já possui como parte fundamental na inserção dos temas. Para isso, há a necessidade de que os professores sejam mais preparados para a prática, com uma menor matematização dos conteúdos.

A inserção de temas de Física vibratória, para ser feita de forma eficaz, deve se pautar no perfil epistemológico da ciência, pois o aluno não tem esse conhecimento empírico construído, cabe ao professor relacionar os temas de estudo com situações cotidianas, a fim de estimular os alunos a buscarem por mais conhecimento.

2.3 Teoria da aprendizagem Significativa

Segundo Pozo (2002), na década de 20 existiram dois grandes pioneiros da teoria do construtivismo contemporâneo: Jean Piaget, natural da Suíça; e Lev Vigotski, de naturalidade Russa. Porém, somente na década de 70 que se observou o surgimento de dificuldades na então chamada teoria comportamentalista, idealizada pelo estudioso Burrhus Skinner, que identificou as dificuldades originadas a partir das especificidades da aprendizagem humana. Foi quando as ideias construtivistas passaram a ser utilizadas com maior ênfase. De acordo com Tavares (2004), na década de 60 o estudioso David Ausubel (1918-2008) iniciou os trabalhos propondo a Teoria da aprendizagem significativa. Ausubel (1980, 2003) destaca que a aprendizagem de significados possui grande relevância na aprendizagem dos seres humanos, levando-os a um conhecimento mais que conceitual.

Segundo Ausubel (1980, 2003), a aprendizagem significativa é estabelecida a partir daquilo que o aluno já sabe. Leva em consideração as ideias do aluno em seu cotidiano e tem uma base não-arbitrária, onde o educador valoriza a opinião do educando e juntos constroem um conceito mais aproximado da realidade do educando.

Segundo Tavares (2004), a teoria da aprendizagem significativa apresenta três requisitos essenciais: a oferta de um novo conhecimento estruturado de maneira lógica; a existência de conhecimentos na estrutura cognitiva que possibilitem a sua conexão com o novo conhecimento; a atitude explícita de apreender e conectar o seu conhecimento com aquele que pretende absorver. David Ausubel et al (1980, 2003) chama esses conhecimentos prévios de conceitos subsunçores ou conceitos âncora.

Para o autor, o subsunçor ou ideia-âncora e seus conceitos, transmitem a ideia de que o educando tem um conhecimento que se origina em seu cotidiano e serve de base para os conhecimentos propostos em sala de aula. E, a ligação entre estes dois conhecimentos facilitará o processo de aprendizagem.

Em sua obra, Moreira (2012) conceitua o subsunçor ou ideia-âncora:

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles.

Ausubel (1980, 2003) ainda enfatiza, em sua teoria, que a vontade de aprender é fundamental no processo de aprendizagem, uma vez que conecta o aluno ao que está sendo estudado, daí a importância dos organizadores prévios, que são materiais introdutórios que auxiliam na posterior aprendizagem dos alunos. Tais materiais têm a finalidade de manter o aluno focado no conteúdo que está sendo explanado no ambiente escolar, a partir da vivência de seu cotidiano, levando o aluno a manter o foco em pontos que poderiam passar despercebido em uma didática diferente.

Para Tavares (2004), os organizadores prévios descritos por Ausubel servem como pontes cognitivas entre o que o aluno já sabe e o que ele está disposto a saber. Esses organizadores são construídos com um elevado grau de abstração e inclusividade, se apoiando nos pilares fundamentais da estrutura cognitiva do aluno e trazendo facilidades na compreensão de conhecimentos mais específicos, aos quais o aluno está sendo exposto pela primeira vez em sala de aula. Para Ausubel et al (1980, 2003), a maneira mais simples do aluno adquirir conhecimentos é através da diferenciação progressiva.

Para Tavares (2004), ao colocar em prática a teoria da aprendizagem fazendo uso dos seus organizadores, é como se iniciasse uma discussão sobre a questão da escolha entre ter ou ser, onde, ter algo exige pouca energia interna ou emocional, basta se pagar o preço estipulado pelo objeto desejado; e, para ser de determinada maneira, é necessária uma estruturação interna, uma disposição de mudança.

Tavares ainda relata que a grande diferença entre esses dois estados, o ter e o ser, é que é possível perder o que se tem, mas ninguém tira o que você é, não há uma necessidade de mudanças internas na aprendizagem memorística onde o conhecimento é absorvido, usado nas provas logo em seguida, e esquecido; ou seja,

esse conhecimento não passa a fazer parte do aluno, da estrutura cognitiva e da maneira de ser do mesmo.

Cabe dizer que o universo escolar não se organizou de maneira a levar em consideração o cotidiano do aluno em seu processo de ensino-aprendizagem. Essa prática daria um norte diferenciado no desenvolvimento escolar. Nas palavras de Postmam e Weingartner (1969, p.62):

Podemos, ao final das contas, aprender somente em relação ao que já sabemos. Contrariamente ao senso comum, isso significa que se não sabemos muito nossa capacidade de aprender não é muito grande. Esta ideia – por si só – implica uma grande mudança na maioria das metáforas que direcionam políticas e procedimentos das escolas.

Assim, Tavares (2004) deduz que o “medo dos alunos de ensino médio de aprender Física” se relaciona em parte à ausência de alternativas de aprendizagem apresentadas a esses alunos ao se aplicar os conteúdos em sala de aula. Os educadores dão destaque à aprendizagem memorística, fazendo dela a única possibilidade existente na aplicação dos conteúdos. Quando, na realidade, poderiam aplicar outras alternativas existentes. Tavares ressalta que, na maioria das vezes, não há a explicação aos alunos de que as fórmulas são a representação de modelos que foram criados para se entender determinado evento onde, para nós, seria mais explicativo quando há uma construção de modelos conceituais dos fenômenos.

Os conhecimentos prévios e a motivação no ambiente escolar levam o aluno a descobrir uma nova metodologia de aprendizagem que desperta o interesse em pesquisar o que está a sua volta.

Para Veit e Teodoro (2002), as animações interativas enquadram-se no conceito de ferramentas computacionais que são capazes de auxiliar na construção do conhecimento. Ainda, segundo Moreira (2000), as animações interativas podem ser usadas para dar significado ao novo conhecimento por interação com significados claros, estáveis e diferenciados, previamente existentes na estrutura cognitiva do aluno.

Na visão de Moreira (2000), as animações interativas seriam capazes de exercer a principal função dos organizadores prévios que, de acordo com Ausubel (1980- 2003), preencheriam o vazio que há entre aquilo que o aprendiz já conhece e o que precisa conhecer antes de poder aprender significativamente a tarefa com que se defronta.

A proposta deste trabalho é que esse primeiro contato dos alunos com os tópicos de mecânica vibratória no ensino médio, seja através do manuseio de um produto educacional, o aplicativo Gnuplot (disponível gratuitamente na internet e compatível com Linux, Windows e smartphone), que utiliza simulações gráficas computacionais de forma a funcionar como um organizador prévio, onde o aluno poderá ter o contato inicial com um conteúdo através de uma conceituação que possui um grau de abstração e inclusividade que se distancia da aprendizagem memorística imposta nos dias atuais.

3 METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho consistiu inicialmente em uma investigação preliminar feita com professores de Física do Ensino Médio (EM), a fim de mapear e conhecer melhor o cenário e as perspectivas de alcance dos objetivos propostos para essa dissertação.

3.1 Metodologia da pesquisa

O presente trabalho foi desenvolvido a partir de uma pesquisa aplicada a professores do ensino médio, levando em consideração o ensino de mecânica vibratória e a identificação das problemáticas encontradas por professores e alunos ao estudar esse tema nas aulas de Física do ensino médio. Além disso, foi feita uma pesquisa bibliográfica em busca de autores que trabalham com o ensino de mecânica vibratória através de ferramentas gráficas.

Na visão dos autores Silva e Menezes (2001), a pesquisa aplicada visa identificar problemáticas existentes, bem como apontar soluções direcionadas, uma vez que esse tipo de pesquisa aponta problemas específicos de uma determinada realidade local.

A pesquisa foi distribuída para 40 professores que atuam no ensino médio da rede pública e privada, contendo 13 questões objetivas relacionadas tanto ao perfil profissional, quanto ao ensino de mecânica vibratória para alunos do ensino médio das regiões Norte, Nordeste e Sudeste.

Posteriormente este produto educacional foi aplicado a um público de 70 alunos do primeiro ano integral, no período de 03 a 21 de fevereiro de 2020, na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professor Deocleciano Alves Moreira, no município de Conceição do Araguaia-PA.

Para melhor análise de resultados foram aplicados dois questionários de pesquisa: o primeiro coletou dados relacionados ao nível de conhecimento dos alunos sobre o ensino de Física e seu grau de interesse por softwares educacionais. O segundo questionário avaliou os conhecimentos adquiridos pelos alunos após a utilização do produto educacional Gnuplot (Apêndice C), ligado ao conteúdo de mecânica vibratória.

Com o intuito de minimizar os problemas apontados na pesquisa, propõe-se a aplicação da ferramenta gráfica gratuita Gnuplot, através de uma apostila que servirá como dinamizadora das aulas, tornando-as atrativas e fáceis de assimilação. Os conteúdos abordados serão: movimento harmônico simples, movimento amortecido (casos críticos, subcrítico, supercrítico), oscilações forçadas e ressonância.

4 MECÂNICA VIBRATÓRIA E MOVIMENTO OSCILATÓRIO

4.1 Históricos da mecânica vibratória

A história da mecânica vibratória tem uma íntima ligação com a história da música, segundo alguns estudiosos. Em data aproximada a 4000 a.c., alguns povos admiravam os sons emitidos por instrumentos musicais primitivos que emitiam sons vibratórios.

Segundo historiadores, por volta de 300 anos a.c nas tumbas egípcias eram encontradas apitos, tambores ou até mesmo instrumentos de cordas como as arpas. Nessa data as vibrações ainda não era considerada uma ciência, mas os fenômenos eram observados e investigados por esses povos.

Segundo Rao (2008), um dos primeiros a pesquisar os sons de maneira científica foi Pitágoras, um filósofo e matemático que dedicou tempo a investigar os sons emitidos por um instrumento de corda vibratória chamado monocórdio. Com seus experimentos, Pitágoras deu início a teoria de tonalidade relacionada à frequência de vibração, teoria essa que só veio a ser compreendida no século XVII d.c., por Galileu.

No século XVII, o chamado “século dos gênios”, Galileu se dedicou a estudar e fazer experimentos com movimentos pendulares simples de um candelabro que ele observava na Catedral de Pisa, e começou a discutir corpos vibratórios relacionando-os com comprimento, frequência e fenômeno de vibrações solidárias ou ressonância.

Marin Mercenne (1588 a 1648) foi o primeiro matemático a publicar uma explicação correta acerca da vibração de cordas, sendo considerado por muitos o pai da acústica.

Ainda segundo Rao (2008), há vários estudiosos que se dedicaram a pesquisas com movimentos vibratórios, dentre os mais recentes pesquisadores podemos citar Stodola (1859-1943), que estudou acerca das vibrações em vigas, placas e membranas e desenvolveu uma teoria explicativa na análise de pás de turbinas. Além de Stodola, outros como Laval, Timoshenko e Mindin deram sua contribuição.

A maioria das atividades dos seres humanos envolve o desempenho físico gerado pelas vibrações mecânicas, porém, isto não é divulgado pelos estudiosos. Alguns dos nossos sentidos são ativados por vibrações, por exemplo, o processo de audição só é possível porque nossos tímpanos vibram. Contudo, a visão ocorre devido a interação da luz, de uma determinada frequência de oscilação, com as células

fotorreceptoras localizadas na retina do olho e falar nos é possível devido ao movimento oscilatório da laringe. (RAO 2008).

Pode-se dizer, ainda, que as atividades industriais têm seu êxito ligado ao desempenho das vibrações mecânicas. As máquinas industriais, computadores, eletroeletrônicos e outros, têm suas vidas úteis ligados às atividades vibratórias. As vibrações causadas por um desbalanceamento nessas máquinas podem resultar em quebra das peças rotativas, afetando seu desempenho e tempo de vida útil, e ainda os parafuso, pinos, porcas e chavetas vão se desprendendo e, devido às vibrações constantes, eles se soltam de suas fixações, resultando em quebra dos equipamentos.

De acordo com Fluke Corporation (2010), uma máquina com altas vibrações pode causar danos aos operadores, como lesões causadas por movimentos repetitivos ou fadiga e estresse operacional. Uma vibração indesejada nos equipamentos pode trazer baixos desempenhos e quebra de equipamentos, adoecimento e/ou morte de operadores, além de perdas econômicas.

As vibrações podem ter diferentes classificações, possuindo assim diferentes pontos de vista desde que se leve em consideração: a excitação; a dissipação de energia; a linearidade dos elementos; e, as características do sinal.

A teoria de vibrações enfatiza o estudo dos movimentos oscilatórios e as forças que interagem com esse movimento, podemos considerar vibração ou oscilação como sendo determinado movimento que se repete após um espaço de tempo.

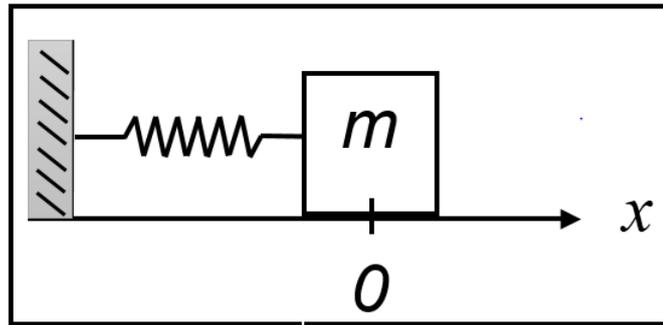
A vibração tem diversas origens e aplicabilidades. Em virtude disso, as vibrações podem ser classificadas em: vibrações livres e forçadas, vibrações amortecidas e não amortecidas, vibrações lineares e não lineares, além de vibrações deterministas e aleatórias.

4.2 Movimentos harmônicos simples e movimento amortecido

4.2.1 Movimento harmônico simples (MHS)

O modelo mais simples para a análise vibracional é constituído de um corpo pontual de massa m ligada a extremidade móvel de uma mola de constante elástica k , conforme mostra a Figura 1 à seguir:

Figura 1: Sistema de massa mola.



Fonte: Autor

Para pequenos deslocamentos em torno da posição de equilíbrio estável, o corpo está sujeito a ação de uma força restauradora $F(x)$, cujo comportamento, nessas condições é aproximadamente linear, de modo que:

$$F(x) = -k \cdot x \quad (1)$$

Sendo:

 $F(x)$: força restauradora (N); k : rigidez da mola (N/m); x : deformação sofrida (m).

O sinal negativo na equação mostra que $F(x)$ é uma força restauradora, que tende a trazer o corpo de volta à sua posição de equilíbrio. Diz-se que a mola obedece linearmente a lei de Hooke ($k > 0$), onde k é um parâmetro associado a rigidez da mola. De maneira correspondente, $F(x)$ é uma força conservativa que pode ser associada a um potencial $U(x)$ tal que:

$$F(x) = -\frac{dU(x)}{dx} \quad (2)$$

Analisando a segunda lei de Newton para pequeno deslocamento em termo da posição de equilíbrio ($-A \leq x \leq A$)

$$m \frac{d^2x}{dt^2} = F(x) = -k \cdot x \quad (3)$$

Definindo $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$, temos a Equação Diferencial Ordinária cuja solução é:

$$\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2 x = 0 \quad (4)$$

A equação 4 representa a dinâmica do movimento harmônico unidimensional, sua solução pode ser escrita como:

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \delta) \quad (5)$$

Sendo:

$x(t)$: posição em função do tempo (m);

A : amplitude (m);

ω : frequência angular (rad/s);

t : tempo (s);

δ : fase inicial (rad).

Onde A e δ são constantes de integração, respectivamente nomeadas de amplitude do movimento e fase inicial.

A grandeza ω , denominada frequência angular, foi definida em termos de parâmetros físicos do sistema e está relacionada ao modo natural com o qual o sistema irá realizar seu movimento oscilatório, sua relação com a frequência linear (f) e o período de oscilação (τ):

$$\omega = 2\pi \cdot f = \frac{2\pi}{\tau} \quad (6)$$

Sendo:

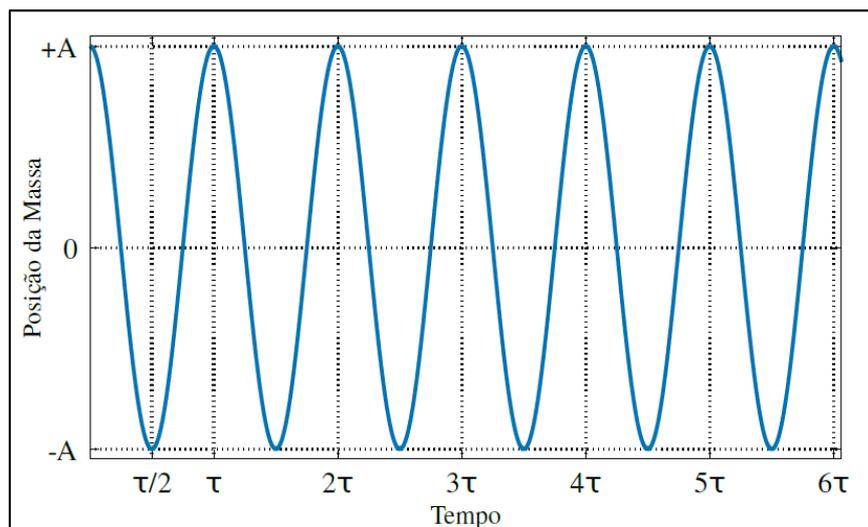
ω : frequência angular (rad/s);

f : frequência linear (Hertz);

τ : período (s).

O MHS descrito pela equação (5) é representado na Figura 2 a seguir:

Figura 2: posição em função do tempo no MHS



Fonte: Autor

4.2.1.1 Energia no movimento harmônico simples

A partir da equação (5) a velocidade no MHS pode ser dada por:

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} = -A \cdot \omega \cdot \text{sen}(\omega t + \delta) \quad (7)$$

A energia cinética é:

$$K(t) = \frac{1}{2} m \cdot v^2(t) = \frac{1}{2} m \cdot \omega^2 \cdot A^2 \cdot \text{sen}^2(\omega t + \delta) \quad (8)$$

A energia potencial elástica é:

$$U(t) = \frac{1}{2} k \cdot x^2(t) = \frac{1}{2} m \cdot \omega^2 \cdot A^2 \cdot \text{cos}^2(\omega t + \delta) \quad (9)$$

A energia total do oscilador harmônico é dada pela soma das equações (8) e (9) de modo que:

$$E = K(t) + U(t) = \frac{1}{2} m \cdot \omega^2 \cdot A^2 = \text{constante} \quad (10)$$

Considere para as equações de 6 a 10 as seguintes unidades:

$v(t)$: velocidade (m/s);

A : amplitude (m);

ω : frequência angular (rad/s);

t : tempo (s);

δ : fase inicial (rad);

$K(t)$: energia cinética (J);

$U(t)$: energia potencial elástica (J);

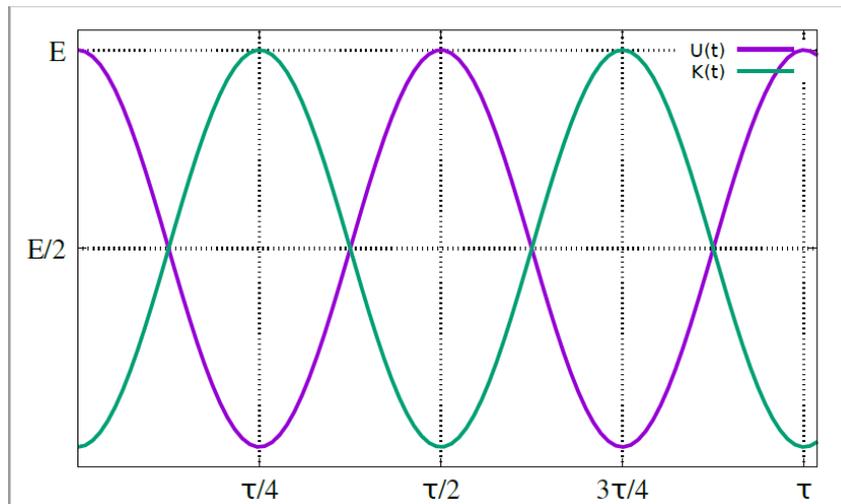
m : massa (kg);

k : constante elástica (N/m);

x : deformação (m);

E : energia total (J).

A variação temporal das parcelas cinéticas e potencial é representada na Figura 3, a seguir:

Figura 3: Energia no MHS em função do período τ 

Fonte: Autor

4.2.2 Movimento amortecido

Considerando agora a ação de uma resistência de caráter dissipativa no movimento para o caso que a força de amortecimento (F_A) é linearmente proporcional a velocidade de cujo módulo é dado por:

$$F_A = -b \cdot v = -b \frac{dx(t)}{dt} \quad (11)$$

Sendo:

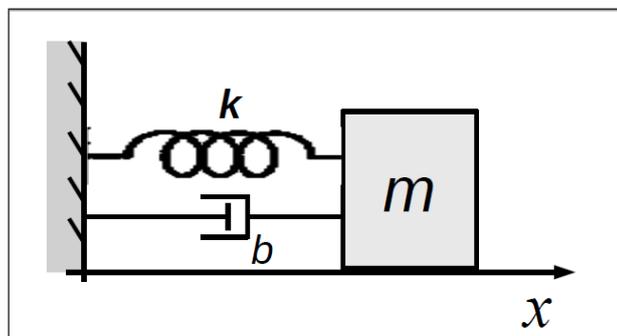
F_A : força de amortecimento (N);

b : constante de amortecimento (N.s/m);

v : velocidade (m/s).

O sistema descrito acima é representado na Figura 4 a seguir, composto por uma massa acoplada à extremidade de uma mola de um amortecedor.

Figura 4: Representação de um oscilador harmônico amortecido



Fonte: Autor

Para um pequeno deslocamento a partir da posição de equilíbrio, a segunda lei de Newton fornece:

$$-b \cdot v - k \cdot x = m \cdot a \quad (12)$$

Ou na forma de equação diferencial cuja solução é:

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + k \cdot x = 0 \quad (13)$$

Cuja solução pode ser escrita por:

$$x(t) = A_0 \cdot e^{\frac{-b \cdot t}{2m}} \cdot \cos(\omega' t + \delta) \quad (14)$$

Onde A_0 é a amplitude inicial do movimento e ω' é a frequência angular do movimento amortecido que é dada por:

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}} \quad (15)$$

A equação (14) reduz-se à equação para a frequência angular do oscilador não-amortecido quando não há efeito da resistência ($b = 0$).

A amplitude oscilação agora varia ao longo do tempo de acordo com:

$$A(t) = A_0 \cdot e^{\frac{-b \cdot t}{2m}} \quad (16)$$

Embora a equação (16) represente uma função cujo módulo decai com o tempo, diferentes combinações dos parâmetros físicos do sistema dão origem a amortecimentos específicos.

- **Amortecimento subcrítico:** $\omega_0 > \frac{b}{2m}$

O sistema oscila e a amplitude do movimento decai exponencialmente aproximando-se do zero.

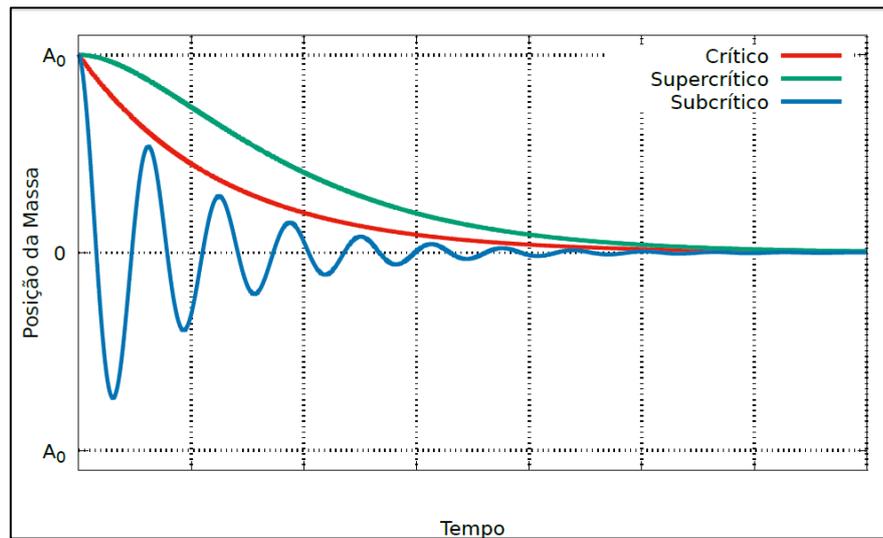
- **Amortecimento crítico:** $\omega_0 = \frac{b}{2m}$

O sistema retorna para a posição de equilíbrio sem oscilar e a amplitude se aproxima assintoticamente do zero.

- **Amortecimento supercrítico:** $\omega_0 < \frac{b}{2m}$

O sistema retorna à posição inicial, sem oscilar, entretanto, de maneira mais lenta que no caso crítico. A Figura 5, a seguir ilustra cada um dos casos específicos mencionados.

Figura 5: Casos crítico, subcrítico e supercrítico do movimento amortecido.



Fonte: Autor

No caso de oscilações da oscilação amortecida, a energia mecânica decai com o tempo, para uma situação na qual o amortecimento é pequeno, a energia varia com o tempo de acordo com a equação (17):

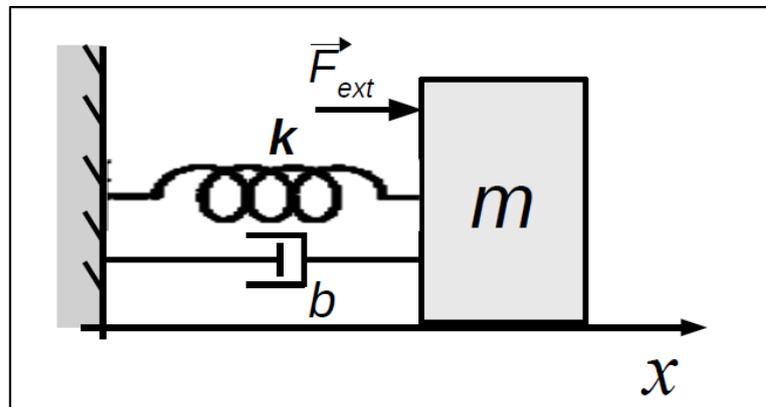
$$E(t) = \frac{1}{2}k.A^2.e^{-\frac{bt}{m}} \quad (17)$$

4.2.3 Oscilações forçadas e ressonância

4.2.3.1 Oscilações forçadas

Para o caso onde o sistema está sujeito a ação de uma força externa F_{ext} , representada na Figura 6:

Figura 6: Representação do oscilador unidimensional amortecido e forçado



Fonte: Autor

A equação da força A resultante, neste caso, é dada por:

$$-b.v - k.x + F_{ext} = m.a \quad (18)$$

Ou na forma de equação diferencial ordinária cuja solução é:

$$m \frac{d^2}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + k \cdot x = F_{ext} \quad (19)$$

Na maioria dos casos práticos, a equação (19) só possui solução analítica para modelos simples de força externa. No caso em que F_{ext} varia periodicamente no tempo com uma frequência angular ω_E .

$$F_{ext}(t) = F_0 \cos(\omega_E t) \quad (20)$$

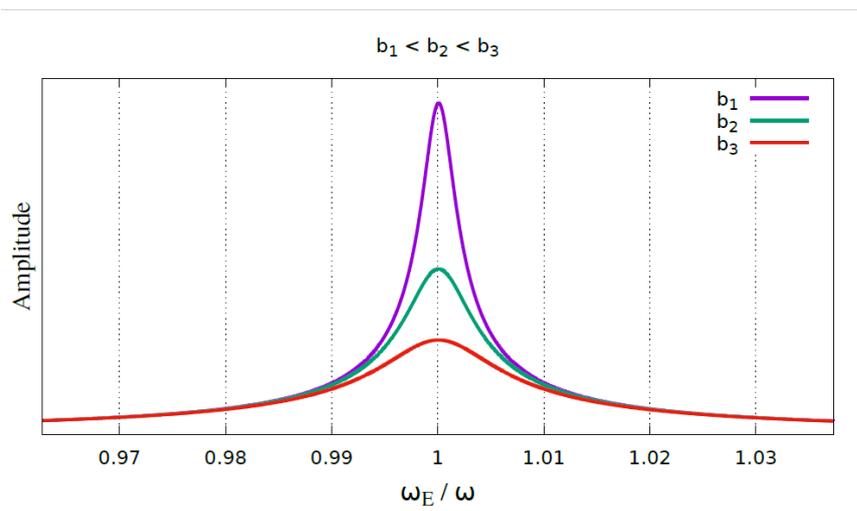
Onde F_0 é a amplitude da força externa, a amplitude da oscilação do sistema pode ser escrita como:

$$A = \frac{F_0}{\sqrt{m^2(\omega^2 - \omega_E^2)^2 + b^2\omega_E^2}} \quad (21)$$

Onde ω é a frequência natural do oscilador livre e não-forçado.

A Figura 7 mostra a dependência da amplitude de oscilação em função da razão entre as frequências da força externa e natural do sistema:

Figura 7: Amplitude do deslocamento do oscilador em função da razão entre as frequências ω e ω_E



Fonte: Autor

É importante notar o caso particular querendo ω_E se aproximar de ω . Nesta situação o sistema é dito estar em ressonância e a amplitude tende a um valor máximo.

A compreensão precisa dos modos normais (naturais) de vibração de um sistema é fundamental para a previsão dos casos de ressonância.

4.2.3.2 Ressonância

Na Física, são encontrados vários exemplos de ressonância: as vibrações oscilatórias de um balanço sendo empurrado a uma frequência igual a frequência da

oscilação natural; as potentes vibrações de um motor de um automóvel que gira em determinada rotação para que as rodas atinjam a velocidade desejada; são exemplos práticos e cotidianos da ressonância. É possível definir, de forma ainda mais ampla, como um ponto pelo qual o sistema responde a um aumento na transmissão e na recepção de energia.

Um exemplo de ressonância destrutiva relacionada ao vento é o colapso da ponte pênsil de Tacoma Narrows, nos anos de 1940. As imagens mostram a ponte em seu estado inicial e após a quebra, respectivamente.

No caso da queda da ponte pensava-se que o vento teria aumentado a oscilação natural da estrutura até o limite de ela não suportar, após esse limite, a estrutura não suportou e rompeu-se. Atualmente, entende-se que, existiram outros fatores além da ressonância. A variação na tensão dos cabos da foi a causa pelo qual o fenômeno ocorreu. A força do vento fez com que as tensões nos cabos de aço fossem diferentes em um mesmo tempo. Com isso, a força da gravidade atuou de forma única, causando o movimento ondulatório, que parou quando a ponte não suportou as oscilações e quebrou.

Figura 8: Evento da ressonância destrutiva na ponte de Tacoma Narrows



Fonte: <http://www.seattletimes.com/seattle-news/75-years-ago-famous-clip-of-galloping-gertie-not-accurate-study-says/>²

² Acesso em 14 de junho de 2019.

5 INVESTIGAÇÃO PRELIMINAR PARA APLICAÇÃO DA INTERVENÇÃO METODOLÓGICA

A fim de tornar a metodologia proposta nesse trabalho mais assertiva, foi realizada uma investigação preliminar distribuída para professores de Física do ensino médio, das regiões Norte, Nordeste e Sudeste, através de uma pesquisa por meio de formulário digital e impresso, com o objetivo de investigar e mapear o cenário de interesse do trabalho, quantificando estatisticamente a realidade e as perspectivas dos professores em relação à intervenção metodológica aqui proposta.

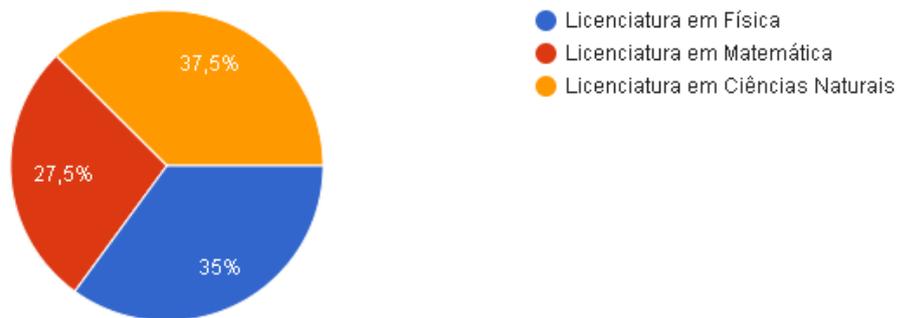
5.1 Público alvo e coleta de dados

O público alvo da coleta de dados foi composto por 40 professores que responderam 13 questões objetivas de múltipla escolha, divididas em três sessões, sendo a sessão 1 para avaliar o perfil dos entrevistados, a sessão 2 para avaliar o perfil da instituição de ensino dos entrevistados e a sessão 3 para avaliar as perspectivas de inserções metodológicas no ensino médio. A coleta ocorreu com duas formas de questionários: o digital e o impresso, aplicados no período de 03 de junho a 10 de julho de 2019. Nas seções a seguir são apresentados os resultados e as discussões da investigação realizada com os professores.

5.1.1 Perfil dos entrevistados

Em relação ao perfil dos participantes entrevistados, é possível perceber, através da Figura 9, que há um percentual de 35% de profissionais licenciados em Física atuando nas escolas de ensino médio nas regiões Norte e Sudeste, sendo o segundo percentual, 37,5%, de profissionais graduados em ciências naturais e 27,5% licenciados em matemática. Esses índices apontam que a maioria dos profissionais que estão atuando possuem formação na área de Física e já estão habituados com os conteúdos de mecânica vibratória e oscilações em sua vida acadêmica.

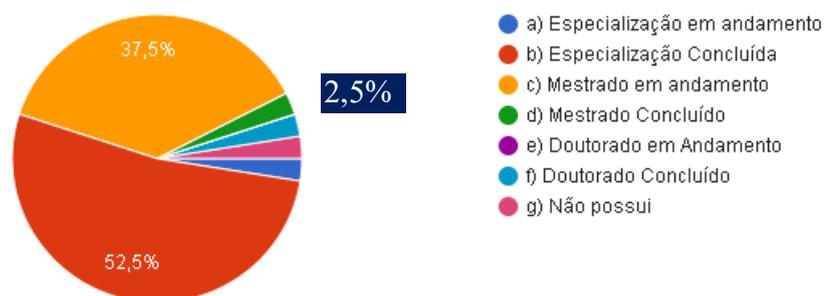
Figura 9: Formação dos professores entrevistados



Fonte: Autor.

A Figura 10 apresenta os percentuais referentes ao perfil dos profissionais em relação a pós-graduações. Entre os professores entrevistados, 2,5% não possuíam curso de pós-graduação. Entretanto, os outros 97,5% foram divididos em: 52,5% possuíam especialização, 37,5% estão com o mestrado em andamento, 2,5% já haviam concluído o mestrado e 2,5% concluíram o doutorado. Os dados desse gráfico demonstram que a grande maioria dos entrevistados tem buscado adquirir mais conhecimento e qualificação, a fim de ofertar uma mão de obra mais especializada ao mercado educacional.

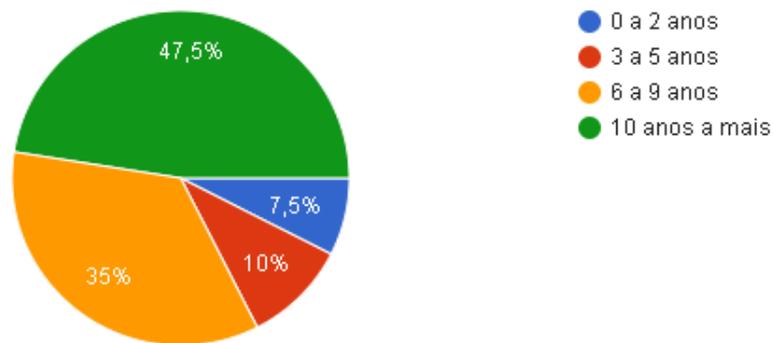
Figura 10: Curso de pós-graduação dos professores entrevistados



Fonte: Autor

A última pergunta relacionada ao perfil, representada pelo gráfico da Figura 11, aponta os percentuais do tempo de atuação dos profissionais na docência. Assim, constatou-se 47,5%, dos profissionais entrevistados atuam a 10 anos ou mais, e 35% atuam de 6 a 9 anos, ministrando a disciplina de Física. Esses dados em conjunto apontam que a maioria são professores experientes e que já vivenciam diversas situações em sala de aula. Na sequência aparecem os percentuais de 10% dos que atuam de 3 a 5 anos e 7,5% dos que atuam de 0 a 2 anos.

Figura 11: Tempo de docência dos professores entrevistados

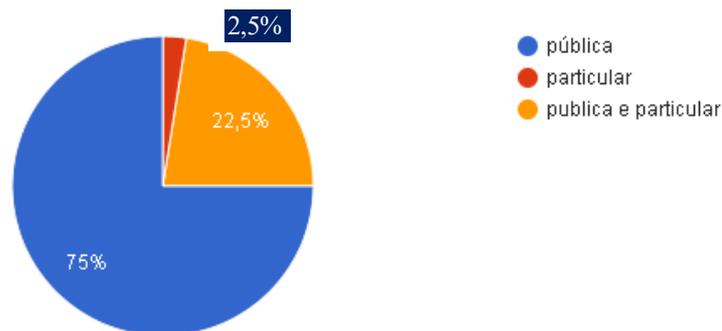


Fonte: Autor

5.1.2 Perfil da instituição de ensino

Em relação ao perfil da instituição de ensino onde lecionam (se é pública, privada ou ambas) é possível perceber, através da Figura 12, que 75% dos entrevistados trabalham somente nas escolas públicas. 22,5% trabalham tanto em escola pública quanto particular e apenas 2,5% trabalham apenas em escolas particulares, demonstrando que os professores pesquisados possuem um perfil mais alinhado com as instituições de ensino públicas.

Figura 12: Rede das escolas dos professores entrevistados

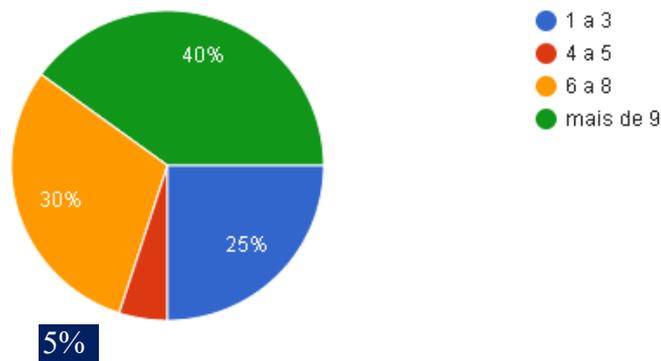


Fonte: Autor

A Figura 13 apresenta os percentuais de turmas em que cada entrevistado trabalha com a disciplina de Física. Assim, constatou-se que o maior percentual (40%) dos entrevistados atua em mais de 9 turmas de Física. Em seguida, aparecem os 30% que trabalham em 6 a 8 turmas, 25% que trabalham em 1 a 3 turmas e 5% que trabalham de 4 a 5 turmas. Vale apenas ressaltar que esses profissionais fazem

complementação de aulas com turmas de ensino fundamental, trabalhando também com ciências ou matemática, uma vez que alguns possuem graduação em outras áreas além de Física. Assim, dentro dessa realidade, constata-se que os professores possuem uma carga horária grande, que necessita de um tempo maior para planejamento de aulas. Nesse sentido, conforme dito anteriormente, essa carga horária extensa pode ser considerada um fator dificultador para o planejamento de aulas mais criativas e práticas.

Figura 13: Quantidade de turmas dos professores entrevistados

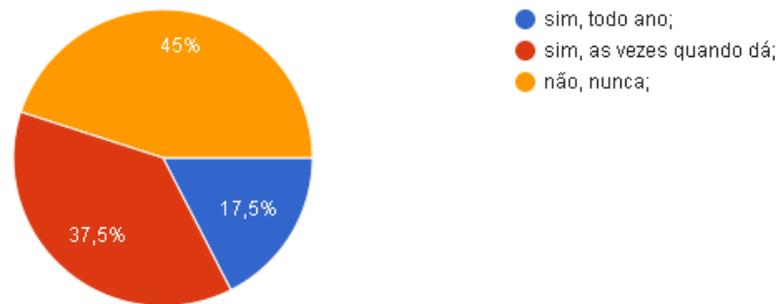


Fonte: Autor

5.1.3 Quais as perspectivas para inserções metodológicas no ensino médio

Sobre as perspectivas para inserção de metodologias no ensino médio, a Figura 14 traz uma análise das inserções, especificamente dos conteúdos de mecânica vibratória, nos planejamentos de aula dos entrevistados. Foi perguntado aos professores se trabalhavam esses temas em suas aulas anualmente e apenas 17,5% afirmaram que trabalhavam todo ano. 37,5% responderam que trabalhavam às vezes, e 45% afirmaram nunca terem trabalhado esses temas em suas aulas, demonstrando, assim, que o assunto é pouco falado ou estudado pelos alunos.

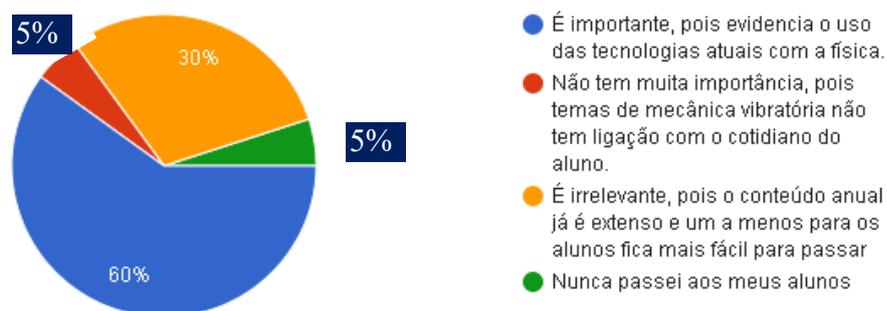
Figura 14: Professores que trabalham temas de mecânica vibratória nas suas turmas de ensino médio



Fonte: Autor

A Figura 15 apresenta os percentuais de profissionais que consideram importante trabalhar os conteúdos de mecânica vibratória com os alunos do ensino médio. Sendo assim, 60% dos professores entrevistados afirmam que é importante trabalhar mecânica vibratória e oscilações no ensino médio, porém, 30% acham que o assunto é irrelevante, uma vez que o conteúdo anual já é extenso. Por fim, 5% dos entrevistados acham que não esses temas não possuem muita importância e 5% responderam que nunca passaram o conteúdo para os alunos.

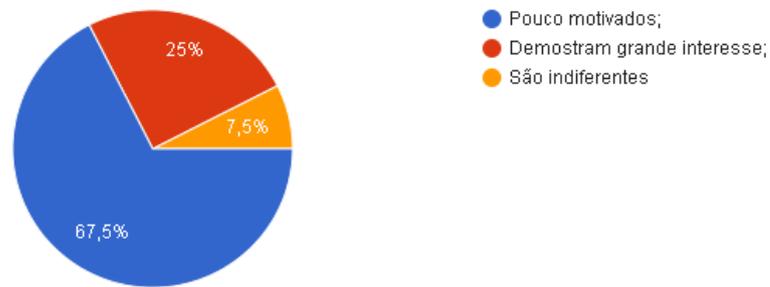
Figura 15: Professores que acham importante trabalhar mecânica vibratória



Fonte: Autor

A Figura 16 demonstra que os profissionais encontram grandes dificuldades em trabalhar temas de mecânica vibratória, pois, na opinião de 67,5% dos professores entrevistados, os alunos demonstram pouca motivação para estudar esses temas. Apenas 25% acham que os alunos demonstram grande interesse em estudar esses temas e 7,5% responderam que os alunos se demonstram indiferentes.

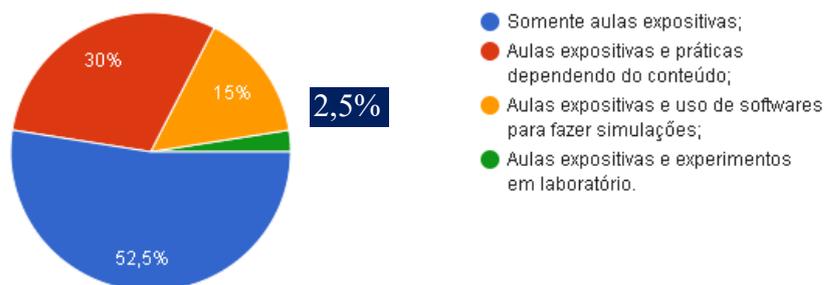
Figura 16: Interesse dos alunos ao estudarem mecânica vibratória



Fonte: Autor

Em relação a metodologia que os professores que trabalham os temas de mecânica vibratória no ensino médio usam para desenvolver esse tema, de acordo com a Figura 17, 52,5% usam somente aula expositiva, outros 30% trabalham aulas expositivas e práticas, dependendo do conteúdo a ser abordado, e outros 15% utilizam aulas expositivas e fazem uso de softwares para simulações do conteúdo estudado. Assim, percebe-se que o uso de metodologias inovadoras nas aulas de mecânica vibratória ainda é insuficiente, daí a importância de se abordar novas metodologias nessa área.

Figura 17: Qual metodologia você utiliza nas aulas de mecânica vibratória

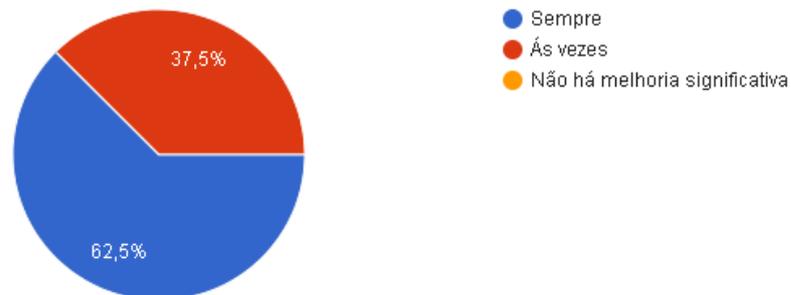


Fonte: Autor

Foi perguntado aos professores que utilizam metodologias inovadoras se os alunos apresentavam alguma melhora de rendimento na aprendizagem em relação aos outros conteúdos, e a resposta foi que para 62,5% dos professores os alunos apresentam melhora significativa sempre que se utiliza metodologias inovadoras. 37,5% disseram que às vezes os alunos apresentam melhora significativa. Como resultados, constata-se que a utilização de metodologias inovadoras para ensinar

mecânica vibratória, causa uma resposta muito boa em relação à aprendizagem dos alunos.

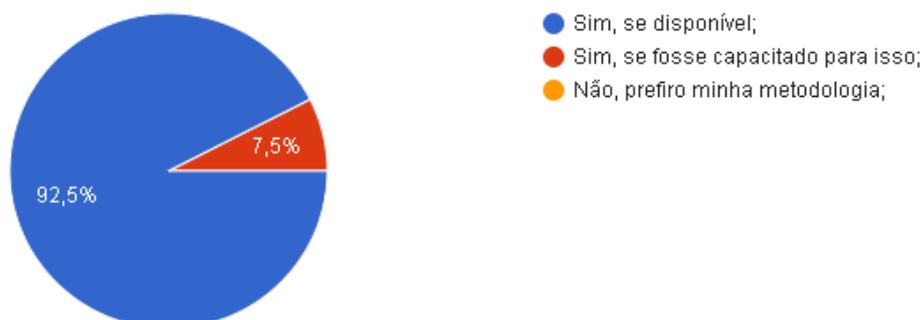
Figura 18: Quando você utiliza metodologias inovadoras os alunos apresentam alguma melhora na aprendizagem



Fonte: Autor

Dentro dessa realidade do ensino de mecânica vibratória e oscilações no ensino médio, foi perguntado aos professores se eles utilizariam uma metodologia inovadora para ensinar esse tema e 92,5% dos professores entrevistados responderam que sim, mostrando-se interessados em obter meios de melhorar as dinâmicas das aulas de Física no ensino médio. 7,5% informaram que utilizariam novas metodologias desde que fossem capacitados para isso.

Figura 19: Utilizaria uma metodologia inovadora em sala de aula para ensinar temas de mecânica vibratória

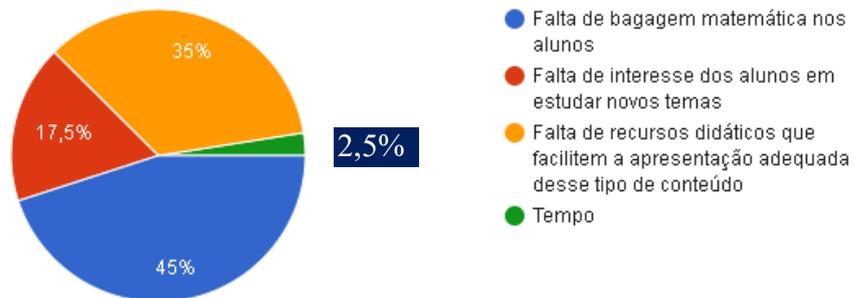


Fonte: Autor

Quando perguntado sobre quais são as dificuldades que os professores enfrentam ao ensinar temas de mecânica vibratória nas turmas de ensino médio, 45% dos professores afirmaram faltar uma bagagem matemática aos alunos, 17,5%

atribuíram à de falta interesse dos alunos em estudar temas novos e 35% disseram que falta recurso didático disponível para trabalhar mecânica vibratória.

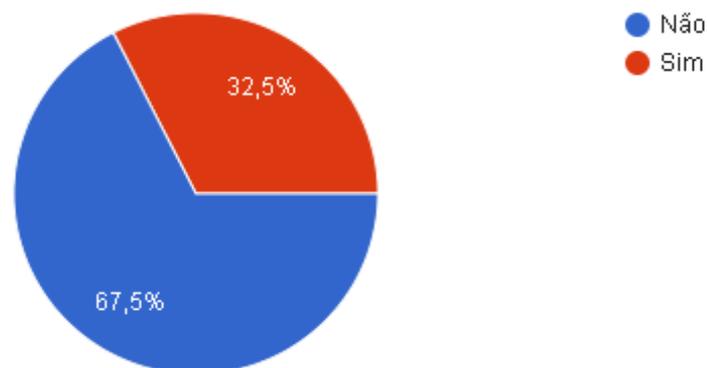
Figura 20: Qual a principal dificuldade encontrada para trabalhar temas de mecânica vibratória nas turmas de ensino médio



Fonte: Autor

Por fim, aos professores entrevistados foi perguntado se utilizam software como ferramenta didática para apresentação de conteúdos em sala de aula. 32,5% dos professores responderam que sim e 67,5% disseram que não.

Figura 21: Utiliza algum software em sala de aula, como ferramenta didática para apresentação do conteúdo



Fonte: Autor

5.2 Discussão e análise dos dados coletados

Para se ter uma dimensão da importância de trabalhar os conteúdos de mecânica vibratória e oscilações no ensino médio e a inserção de programas computacionais nas aulas, aplicou-se essa pesquisa quantitativa através de

formulários impressos e digitais, disponibilizados a profissionais que atuam no ensino de Física nas regiões Norte, Nordeste e Sudeste do Brasil.

Diversas referências na literatura defendem a ideia de se integrar as metodologias computacionais de simulações e animações, aos conteúdos aplicados em sala de aula. Loder et al (2007), em seu artigo, destaca a importância da visualização da problematização dos conteúdos através da animação. Tenenbaum (2007) acrescenta, ainda, a ideia de que os usos dessas metodologias fazem com que o aluno visualize o tema com mais facilidade e tenha uma compreensão melhor dos conteúdos aplicados.

Dasgupta (2011) afirma que diversos softwares de fácil acesso podem oferecer tanto a professores, quanto a alunos, uma base interativa que auxilie no processo de ensino-aprendizagem, proporcionando um desenvolvimento mais dinâmico de absorção do conteúdo. Assim, o Gnuplot é uma opção para a introdução do assunto mecânica vibratória, para os alunos de ensino médio, de maneira a relacionar o conteúdo estudado com a realidade.

Percebe-se que uso de ferramentas gráficas para trabalhar temas de mecânica vibratória e oscilações é uma forma de melhorar o rendimento dos alunos, devido a vários fatores, como por exemplo o fato de que a visualização de imagens e gráficos torna mais fácil o entendimento dos temas, uma vez que grande parte dos estudantes possuem dificuldades com conteúdos matematizados.

Assim, o uso de softwares gráficos gratuitos facilitaria o trabalho do professor, pois o mesmo é livre e não cobra licença, se adequando à realidade financeira dos professores que, conforme visto na pesquisa, trabalham majoritariamente em escolas públicas, onde os recursos são escassos. O uso dos roteiros descomplica o trabalho do professor, já que é necessário apenas um computador para se utilizar o programa. Então, os conteúdos passariam a ser discutidos qualitativamente sem a necessidade de uma matemática reforçada, uma vez que o programa criaria gráficos para estudar o comportamento dos fenômenos físicos, trazendo as discussões para a realidade do aluno.

Entretanto, conforme visto na análise dos gráficos, foi possível perceber que a realidade na sala de aula pode ser bem mais desafiadora do que se imagina. Parte disso, em razão de que o tempo todo os professores se deparam com diversos problemas como a falta de interesse do aluno, a falta de disciplina, falta da bagagem necessária para a aprendizagem de determinados temas ou falta de equipamento

adequado. Isso quando se fala do ambiente interno da sala de aula, pois, além disso, o docente se depara, externamente, com a falta de uma qualificação tecnológica e com a falta de tempo para o planejamento de aulas criativas e diferenciadas, uma vez que já possui uma carga horária extensa, e precisa conciliar essa carga horária também com sua vida pessoal.

Sendo assim, portanto, não se deve esgotar as possibilidades de estudos e reflexões sobre como o professor poderia introduzir novas metodologias no ensino de Física para o ensino médio, uma vez que ainda é preciso um longo caminho a se percorrer no sentido de evoluir para um sistema que leve em consideração o que é melhor para a aquisição do conhecimento do aluno. Em razão disso, foi feita uma pesquisa com 70 alunos, através da aplicação do produto educacional (Anexo A), e seus resultados são explicitados na próxima secção.

6 RESULTADOS FINAIS

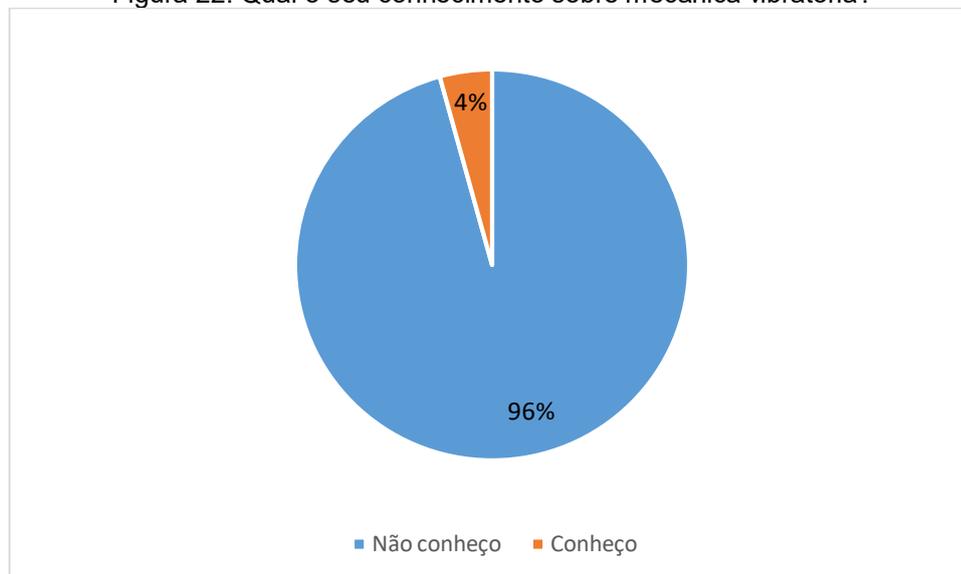
Este capítulo trata dos resultados após a aplicação do produto educacional Gnuplot a 70 alunos do primeiro ano integral, no período de 03 a 21 de fevereiro de 2020, na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professor Deocleciano Alves Moreira, no município de Conceição do Araguaia-PA.

Ressalta-se que foram aplicados dois questionários de pesquisa: o primeiro coletou dados relacionados ao nível de conhecimento dos alunos sobre o ensino de Física e seu grau de interesse por softwares educacionais. O segundo questionário avaliou os conhecimentos adquiridos pelos alunos após a utilização do produto educacional Gnuplot (Apêndice C), ligado ao conteúdo de mecânica vibratória.

6.1 Resposta e análises do questionário 1

Sobre o conhecimento que os alunos possuem em relação ao conteúdo de mecânica vibratória, de acordo com a Figura 22, dos 70 alunos que responderam ao questionário, apenas 4% conhecem o conteúdo e 96 % afirmam não conhecer.

Figura 22: Qual o seu conhecimento sobre mecânica vibratória?

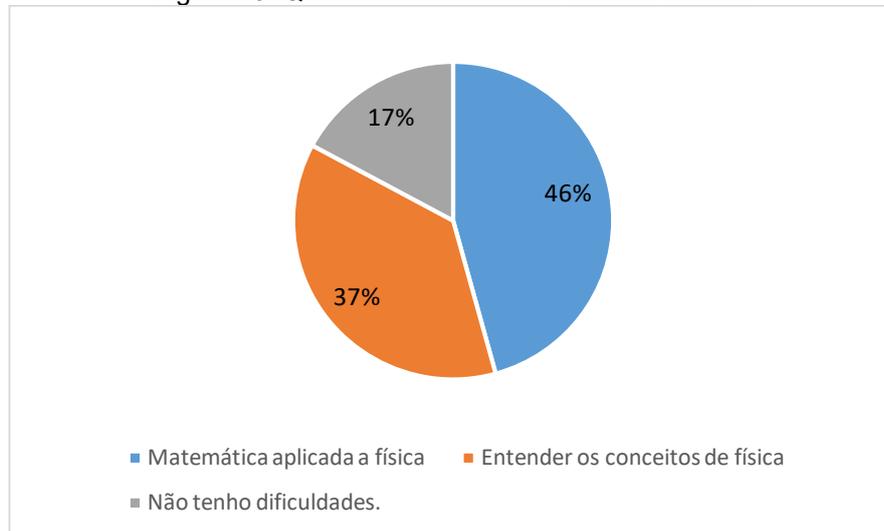


Fonte: Autor

A figura 23 demonstra o grau de dificuldade dos alunos no estudo de Física e qual seriam seus entraves na aprendizagem dessa disciplina. Assim, 46% dos entrevistados têm suas dificuldades ligadas a matemática, 37% possuem dificuldades

nos conceitos da Física e uma minoria de 17% não têm dificuldades em aprender Física.

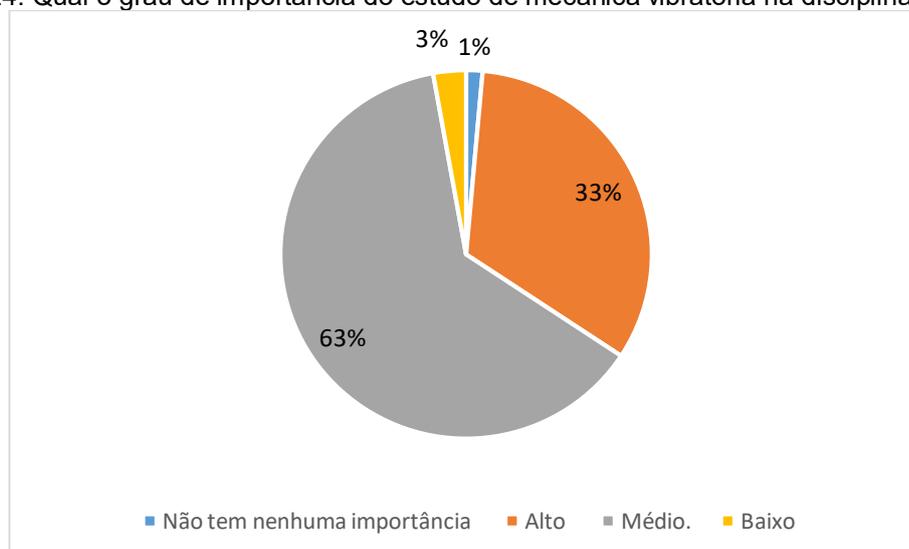
Figura 23: Qual sua dificuldade ao estudar Física?



Fonte: Autor

A Figura 24 traz um demonstrativo da opinião dos alunos sobre a importância do estudo de mecânica vibratória, onde 63% dos entrevistados afirmam que o conteúdo de mecânica vibratória não possui nenhuma importância para o ensino de Física, 33% afirmam que a mecânica vibratória possui alta importância no ensino de Física, 1% afirma ter média importância no ensino de Física e 3% afirmam que a mecânica vibratória tem baixa importância no ensino de Física.

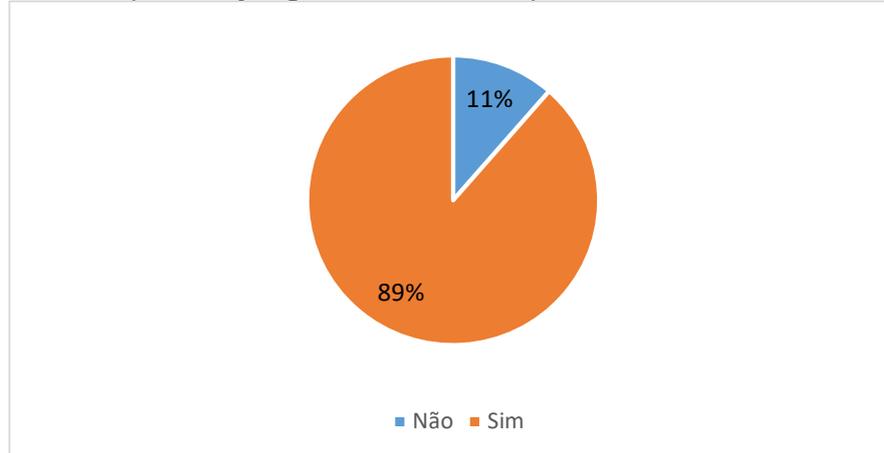
Figura 24: Qual o grau de importância do estudo de mecânica vibratória na disciplina de Física



Fonte: Autor

A Figura 25 demonstra como os alunos enxergam a representação gráfica como um mecanismo de interferência positiva na aprendizagem dos conteúdos de Física. Assim sendo, 89% dos entrevistados afirmam que a representação gráfica facilita a compreensão dos conteúdos e 11% afirmam que a representação gráfica não facilita a compreensão desse conteúdo.

Figura 25: A representação gráfica facilita a compreensão dos conteúdos de Física?



Fonte: Autor

A Figura 26 apresenta que 79% dos entrevistados afirmam que o uso de aplicativo dentro de uma aula contextualizada irá contribuir na compreensão dos conteúdos de Física, contra 21% que afirmam que o uso de aplicativos não contribuiria na compreensão desse conteúdo.

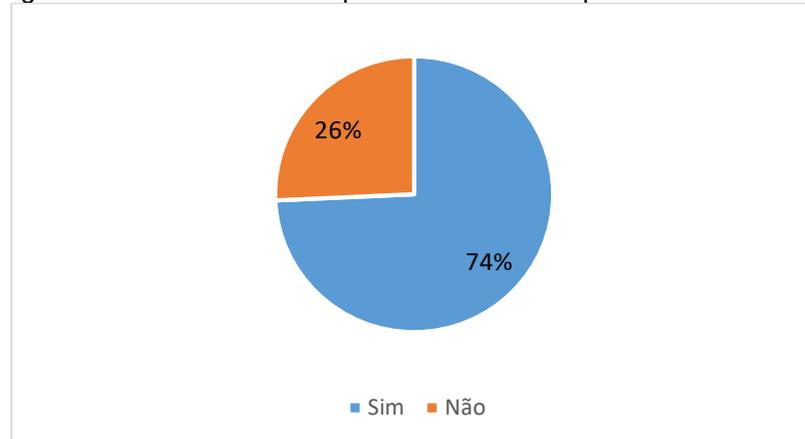
Figura 26: O uso de aplicativos dentro de uma aula contextualizada pode contribuir para a compreensão dos conteúdos de Física?



Fonte: Autor

Por fim, a Figura 27 revela que 74% dos entrevistados já faz uso de aplicativos de celular para fins estudantis e 26% ainda não utilizam dessa tecnologia como ferramenta facilitadora de aprendizagem.

Figura 27: Você faz uso de aplicativos no celular para fins estudantis?

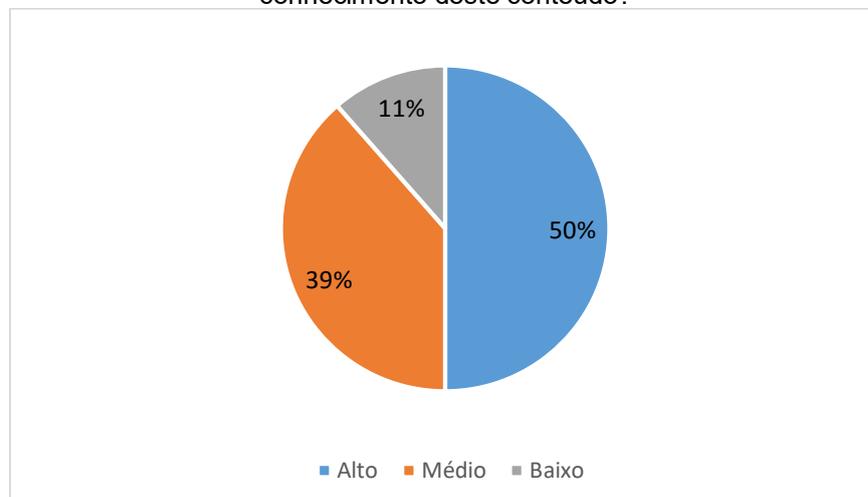


Fonte: Autor

6.2 Resposta e análises do questionário 2

A Figura 28 mostra o grau de conhecimento dos alunos entrevistados após a utilização do aplicativo Gnuplot em sala de aula, tendo como base o conteúdo de mecânica vibratória. Sendo assim, observou-se que 50% dos entrevistados apresentaram um alto grau de avanço nos conhecimentos, enquanto que 39% grau médio de avanço e 11% baixo avanço no grau de conhecimento.

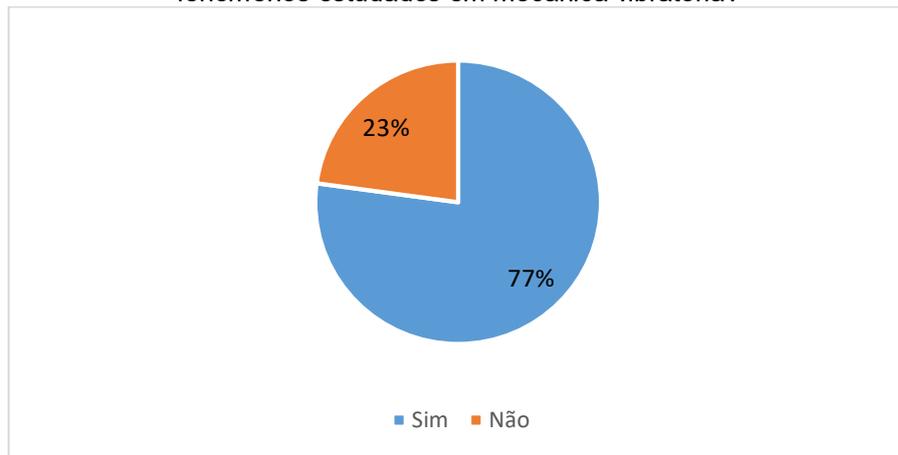
Figura 28: Após a utilização do aplicativo Gnuplot nas aulas de mecânica vibratória, qual seu grau de conhecimento deste conteúdo?



Fonte: Autor

A Figura 29 demonstra que a utilização do aplicativo contribuiu na obtenção de conhecimentos dos entrevistados, sobre o conteúdo de mecânica vibratória, após a utilização do aplicativo Gnuplot. Assim, constatou-se que 77% sabem citar os fenômenos estudados em mecânica vibratória e apenas uma minoria de 23% não sabem.

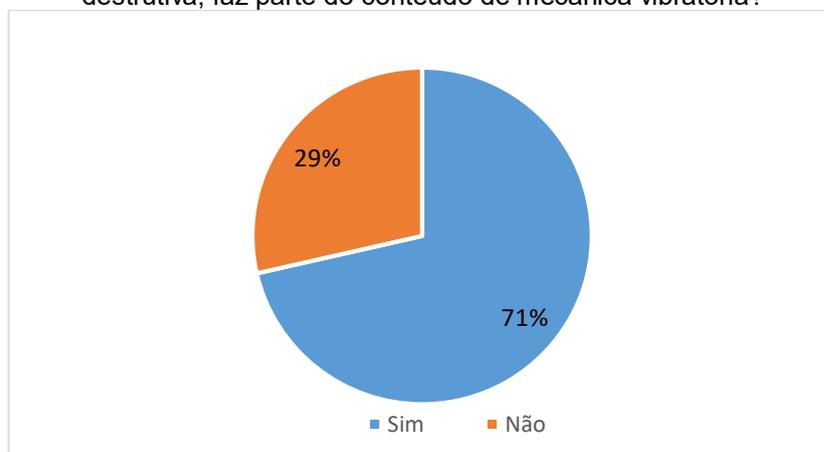
Figura 29: Após a utilização do aplicativo nas aulas de Física, você saberia citar quais são os fenômenos estudados em mecânica vibratória?



Fonte: Autor

A Figura 30 demonstra que a utilização do aplicativo também teve contribuição na obtenção de conhecimentos dos entrevistados sobre o conteúdo de mecânica vibratória no que se refere à identificação das particularidades deste conteúdo. Após a utilização do aplicativo Gnuplot, 71 % reconhecem a ressonância destrutiva como parte do conteúdo de mecânica vibratória, e apenas 29 % não reconhecem.

Figura 30: Após a utilização do aplicativo nas aulas de Física, você afirmaria que a ressonância destrutiva, faz parte do conteúdo de mecânica vibratória?



Fonte: Autor

A Figura 31 demonstra que a utilização do aplicativo também teve significativa contribuição nos conhecimentos dos entrevistados sobre a relação de amortecedores e o conteúdo de mecânica vibratória. Após a utilização do aplicativo Gnuplot, 86% afirmam que amortecedores possuem fundamentação no conteúdo de mecânica vibratória, e apenas 14% afirmaram que não.

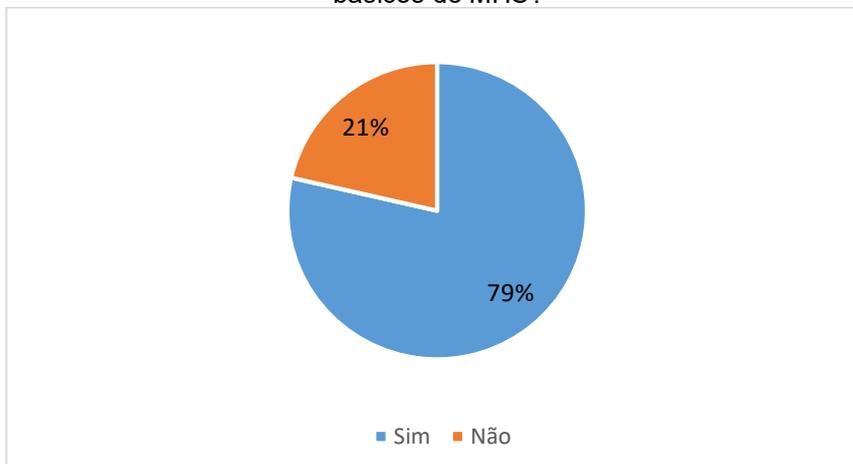
Figura 31: Após a utilização do aplicativo Gnuplot, você afirmaria que o amortecedor de moto tem fundamentação em mecânica vibratória



Fonte: Autor

A Figura 32 demonstra que a utilização do aplicativo também teve contribuição nos conhecimentos dos entrevistados no que se refere ao conteúdo básico de MHS. Logo, após a utilização do aplicativo Gnuplot, 79% citariam com facilidade todos os componentes básicos do MHS, enquanto apenas 21% afirmaram que não conseguiriam citar.

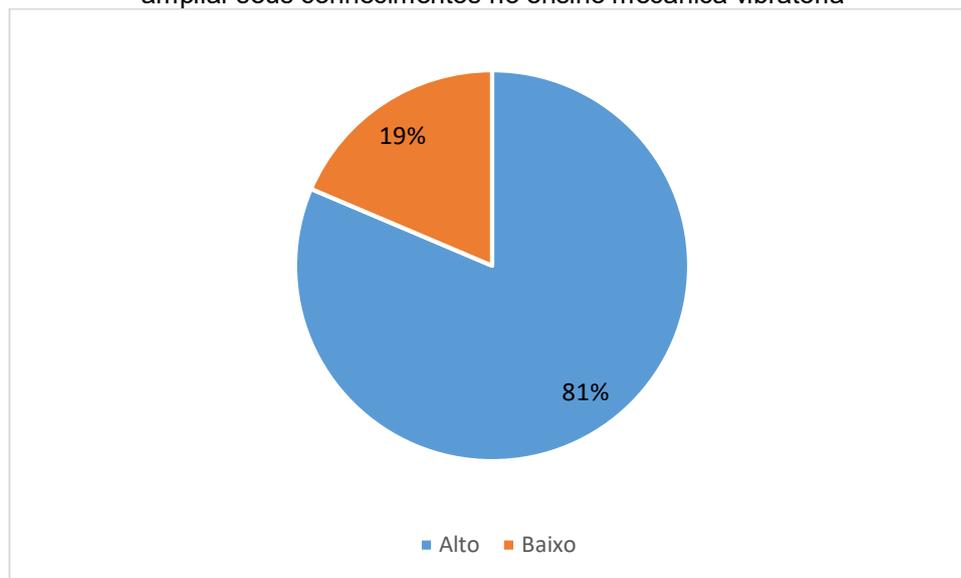
Figura 32: Após a utilização do aplicativo Gnuplot, você citaria com facilidade quais os componentes básicos do MHS?



Fonte: Autor

Por fim, a Figura 33 ilustra o grau de contribuição do aplicativo Gnuplot na vida educacional dos entrevistados. Sendo assim, após receberem instruções de uso do aplicativo e o terem manuseado como ferramenta educacional no aprendizado de mecânica vibratória, 81% dos entrevistados acredita ter obtido alto conhecimento, enquanto apenas 19% classifica como baixa a contribuição do aplicativo.

Figura 33: Após a utilização do aplicativo Gnuplot, como você classificaria a contribuição dele para ampliar seus conhecimentos no ensino mecânica vibratória



Fonte: Autor

Isso posto, é importante salientar que o comparativo dos dois questionários possibilitou uma visibilidade melhor das atividades propostas pelo produto educacional, uma vez que nas 6 primeiras perguntas aplicadas aos entrevistados, foi possível traçar um panorama da situação precária quanto ao nível de dificuldade dos alunos na aprendizagem dos conteúdos de Física, em particular o conteúdo de mecânica vibratória.

Enquanto isso, nas 6 perguntas aplicadas aos entrevistados, do segundo questionário, é notório o avanço na aprendizagem dos alunos bem como o despertar deles para uma nova ferramenta de aprendizagem, que é o aplicativo Gnuplot, que possui acesso gratuito e manuseio simplificado acessível a todas as classes sociais. Além disso, o software contribui na medida em que ativa o interesse do aluno através da exemplificação dos conceitos de Física, desmatematizando a Física.

7 TRABALHOS EM ANDAMENTO: PERSPECTIVAS DE RESULTADOS

A metodologia proposta aqui foi experimentada no mês de fevereiro de 2020 na Escola Deocleciano Alves Moreira, na cidade de Conceição do Araguaia-PA, em turmas do primeiro ano do ensino médio.

Figura 34: Aplicação do produto na turma M1ER01.



Fonte: Autor

Figura 35: Aplicação do produto na turma M1ER02.



Fonte: Autor

Também será disponibilizada para todas as escolas tanto da rede pública como privada, uma vez que os roteiros já se encontram validados e prontos para distribuição e uso. Então, a aplicação do produto educacional deste trabalho deve estender-se a diversos professores do ensino médio ou mesmo técnico/tecnólogo.

A perspectiva é de que os professores adotem a apostila como metodologia anual para o trabalho dos temas de mecânica vibratória, tornando-a uma rotina no cronograma de atividades educacionais.

Sendo assim, uma vez que o Gnuplot é executável em celulares (smartphones), espera-se que os alunos também possam experimentar a manipulação dos roteiros durante a sala de aula, não requerendo, portanto, o acesso da turma a um laboratório de informática. Esse tipo de atividade, inclusive, já foi realizada com sucesso em turmas de graduação da Unifesspa³, que tem a proposta de melhoria contínua nos roteiros, para isso eles serão disponibilizados ao público de professores e alunos, que é uma iniciativa da UNIFESSPA.

Embora não tenham sido apresentada neste trabalho, a elaboração dos roteiros destinados à geração de animações e vídeos já se encontra em fase final, restando apenas os procedimentos de validação e inserção de comentários para o usuário final.

Futuramente, espera-se desenvolver um contato mais interativo com os professores do ensino médio que estiverem usando os recursos desenvolvidos neste trabalho, a fim de tornar possível um processo de melhoria contínua dos roteiros, adaptando-os melhor para cada uma das realidades vivenciadas em sala de aula.

A proposta de intervenção metodológica desenvolvida aqui também pode ser expandida para outros temas, como tópicos de Física moderna acessíveis em dispositivos do cotidiano como o efeito fotoelétrico e a radiação laser, por exemplo. Essa iniciativa pode figurar como um catalisador do processo de ensino-aprendizagem de Física no ensino médio.

³ Turma de Cálculo e Geometria Analítica 2 ofertado pela Faculdade de Engenharia Civil da Unifesspa no Período 2018-T4.

CONCLUSÃO

Atualmente, continua sendo um grande desafio para o professor se apoiar em novas e mais tecnológicas estratégias metodológicas, a fim de melhorar a aprendizagem dos alunos e diminuir a defasagem no ensino das ciências exatas.

Nessa perspectiva, o profissional educador precisa sempre renovar seus conhecimentos e buscar a inserção de novas metodologias em suas aulas, principalmente metodologias ligadas à tecnologia, como uma ferramenta eficiente que busque aumentar o interesse dos alunos nos conteúdos ministrados e, conseqüentemente, provocar melhorias no processo de ensino.

Aqui, trata-se especialmente do ensino de mecânica vibratória, que costuma não ser abordado de maneira satisfatória no ensino médio, grande parte em razão de uma defasagem matemática, falta de tempo hábil na carga horária, dentre outros fatores. Sendo assim, a apresentação desses temas nas aulas de Física, quando acontece, se limita a uma breve apresentação de conceitos, com aulas teóricas expositivas e pouca contextualização, sem se pensar em sua aplicação no cotidiano dos alunos.

Então, os professores de Física do ensino médio devem aproveitar as facilidades encontradas atualmente para o ensino da Física, já que existem várias alternativas para facilitar esse trabalho, como aplicativos e simuladores, que podem ser aliadas do professor em sala de aula.

Não há recursos nas escolas públicas brasileiras, como laboratórios de ciências ou informática. Assim, é possível utilizar o aplicativo “Gnuplot”, como possibilidade de inserção dessa parte da Física nas escolas, que, sendo um software gráfico gratuito, facilitaria o trabalho do professor, uma vez que os conteúdos passariam a ser discutidos qualitativamente sem a necessidade de uma matemática reforçada, uma vez que o programa criaria gráficos para estudar o comportamento dos fenômenos físicos, trazendo as discussões para a realidade do aluno.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi o de incentivar os docentes de Física para o ensino médio, a trabalharem os conteúdos de mecânica vibratória, utilizando metodologias que facilitem a aprendizagem dos alunos, através de ferramentas gráficas de uso livre, como o “Gnuplot”.

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste trabalho consistiu em duas ações: uma investigação preliminar feita com professores de Física do Ensino

Médio (EM) das regiões Norte, Nordeste e Sudeste, a fim de mapear e conhecer melhor o cenário e as perspectivas de alcance dos objetivos propostos para essa dissertação. Essa investigação ocorreu através de um formulário digital e impresso que foi aplicado a 40 professores, no total.

A outra ação foi a aplicação do produto educacional Gnuplot a 70 alunos do primeiro ano integral, no período de 03 a 21 de fevereiro de 2020, na Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Professor Deocleciano Alves Moreira, no município de Conceição do Araguaia-PA. Nessa ação foram aplicados dois questionários de pesquisa: o primeiro coletou dados relacionados ao nível de conhecimento dos alunos sobre o ensino de Física e seu grau de interesse por softwares educacionais. Enquanto o segundo avaliou os conhecimentos adquiridos pelos alunos após a utilização do produto educacional Gnuplot (Anexo 1), ligado ao conteúdo de mecânica vibratória.

Sendo assim, constatou-se, após análise geral, que uso de ferramentas gráficas para trabalhar temas de mecânica vibratória e oscilações é uma forma de melhorar o rendimento dos alunos, devido ao fato de que a visualização de imagens e gráficos torna mais fácil o entendimento dos temas, uma vez que grande parte dos estudantes possuem dificuldades com conteúdos matematizados. Foi observada uma melhora significativa no conhecimento dos alunos sobre mecânica vibratória, após a utilização do software.

Entretanto, conforme também foi possível perceber na análise dos gráficos, a realidade na sala de aula pode ser bem diferente daquilo que se idealiza. Muitos professores, e até mesmo alunos, não dão a devida importância ao tema tratado aqui ou simplesmente não conseguem enxergar modos para modificar o próprio trabalho. Parte disso acontece porque os professores se deparam a todo momento com diversos problemas, como a falta de interesse do aluno, a falta de disciplina, falta da bagagem necessária para a aprendizagem de determinados temas ou falta de equipamento adequado. Isso quando se fala do ambiente interno da sala de aula, pois, além disso, o docente se depara, externamente, com a falta de uma qualificação tecnológica e com a falta de tempo para o planejamento de aulas criativas e diferenciadas, uma vez que já possui uma carga horária extensa, e precisa conciliar essa carga horária também com sua vida pessoal.

Sendo assim, observa-se que o sucateamento da educação pública é o grande causador desse problema de estrutura que acaba dificultando o planejamento de aulas mais criativas e práticas, por parte do professor.

Por fim, afirma-se que não se deve deixar de pensar em novos estudos e reflexões sobre como o professor poderia introduzir novas metodologias no ensino de Física para o ensino médio, uma vez que ainda há um longo caminho a ser percorrido no sentido de evoluir para um sistema que leve em consideração o que é melhor para aquisição do conhecimento do aluno.

REFERÊNCIAS

AGOSTIN, A. D. **Física moderna e contemporânea**: com a palavra professores do ensino médio. Curitiba, 112 p., 2008. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná.

AL-MAGHRABI, M-N.N.;EL-ABASSY, A.A.A **Educational computer program for simulating behavior of structures under dynamic loads**. In: PROCEEDINGS OF 2014 ZONE 1 CONFERENCE OF THE AMERICAN SOCIETY FOR ENGINEERING EDUCATION, Whashington, 2014. American Society for Engineering Education. Washington DC,2014.

ARANTES, A. R.; MIRANDA, M. S.; STUART, N. **Objetos de aprendizagem no Ensino de Física**: usando simulações do PhET. Física na Escola, v. 11, n. 1, p. 27-31, 2010.

ARIAS, Ricardo. **Ensino de Conceitos de Vibrações Mecânicas utilizando a simulação computacional apoiada na plataforma Scilab/Matlab**: uma aplicação no curso de engenharia mecânica.2017. [Dissertação]. [Itajaí (SC)]. Universidade do Vale do Itajaí. Curso de mestrado acadêmico em computação aplicada. 130 p. disponível em:< <http://siaibib01.univali.br/pdf/Ricardo%20Arias.pdf>>. Acesso em 09 de junho de 2019.

AUSUBEL, David. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos**: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Plátano, 2003.

AUSUBEL, David P.; NOVAK, Joseph D.; HANESIAN, Helen. **Psicologia Educacional**. Trad. De Eva Nick e outros. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). **PCN+ Ensino Médio**: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**/ Secretaria da Educação Básica. – Brasília-DF: MEC, SEB, 2013.

_____. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. **Base Nacional Comum Curricular – BNCC**, versão aprovada pelo CNE, novembro de 2017.

CANAVARRO, J. M. P. **Indústria 4.0, Educação, Competências, Emprego e Trabalho**. CAPITAL PSICOLÓGICO, ESTRATÉGIA E GESTÃO NA DIVERSIDADE DAS ORGANIZAÇÕES. Faculdade de Coimbra-Portugal.2019.

CARLSEN, W.S. Language and science learning. In: **Handbook of research on science education**. Abell, S.K.;Lederman, N.G. Ed. Routledge, p. 57-74, 2007.

DASGUPTA, Ananda. **Gnuplot animations as a Physics teaching tool. 2011.4 pg. Department of Physics**, Indian Institute of Science Education and Research – Kolkata. Disponível em:<http://www.lajpe.org/icpe2011/47_Ananda_Dasgupta.pdf>. Acesso em 10 de junho de 2019.

FERRACIOLI, L.; Aprendizagem, desenvolvimento e conhecimento na obra de Jean **Piaget: uma análise do processo de ensino-aprendizagem em ciências**. Revista Brasileira de estudos pedagógicos, Brasília, v. 80, n. 194, p.5-18, jan-abr 1999.

FILHO, Paulo de Tarso Salviano. **Ferramenta didática para o ensino de vibrações e de dinâmica em engenharia**. [Dissertação]. [Brasília (DF)]. Universidade de Brasília, faculdade de tecnologia, departamento de engenharia mecânica.2009. 111 p. disponível em:<<http://repositorio.unb.br/handle/10482/4525>>. Acesso em 10 de junho de 2019.

FLUKE CORPORATION. **Introduction to vibration**. 2010. Disponível em:<http://www.testequipmentdepot.com/application-notes/pdf/vibration/introduction-to-vibration_white-paper.PDF>. Acesso em 08 de junho de 2019.

FREITAS D, VILLANI A. **Formação de Professores de Ciências: Um Desafio Sem Limites**. Investigação em Ensino Ciências. 2002;p:215.

GALO, Mauricio. **Tutorial: introdução ao uso do aplicativo Gnuplot**. Disponível em:<http://gege.fct.unesp.br/docentes/cartogalo/web/Gnuplot/pdf/2017_Galo_Gnuplot_Tutorial.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2019.

HA, O.; FANG, N.; **Computer simulation and animation in engineering mechanics: a critical review and analysis**. In: 120TH ASEE ANUAL CONFERENCE & EXPOSITION, 2013, Atlanta. American Society for Engineering Education. Washington DC, 2013.

IETC- INSTITUTO DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. **A falta que bons engenheiros fazem**. 2012. Disponível em:<http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1409>. Acesso em 02 de julho de 2019.

LODER, L. L., BENDER, F. A. (2007). **“O Uso de Programas de Simulação em Cursos de Engenharia: Possibilidades e Necessidades.”** In: Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, XXXV, Curitiba, Brasil.

MOREIRA, M. A. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Revista cultural La Laguna Espanha, 2012. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueefinal.pdf>. Acesso em: 20/7/2019.

MOREIRA, M.A. **Uma análise crítica do ensino de Física**. Estudos Avançados. volume.32, N.94. São Paulo Sept./Dec. 2018. Disponível em:<<http://dx.doi.org/10.1590/s0103-40142018.3294.0006>>. Acesso em 21 de maio de 2020.

MOREIRA, M. A. **Ensino de Física no Brasil: retrospectiva e perspectivas**. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 22, n. 1, p. 94-99, mar. 2000.

- MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. 2. ed. ampl. São Paulo: E.P.U., 2014.
- NEWS, LOCAL, The Seattle Times, **75 years ago**: Famous clip of 'Galloping Gertie' not accurate, study says. Disponível em: <https://www.seattletimes.com/seattle-news/75-years-ago-famous-clip-of-galloping-gertie-not-accurate-study-says/>. Acesso em: 20 de maio de 2019.
- NOVAK, J. D e GOWIN, D.B - **Aprender a aprender**. Lisboa: Plátano, 1998. Tradução de Carla Valadares do Original Learning how to learn (1984).
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. **Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e contemporânea no ensino médio”**. Investigações em Ensino de Ciências, v. 5, n. 1, 2000. Disponível em: <<https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/600/390>>. Acesso em: 03 junho 2019.
- POZO, J. I. **Teorias cognitivas de aprendizagem**. Porto Alegre: ArtMed, 2002.
- PEREIRA, D. R. O.; AGUIAR, **O ensino de Física no nível médio**: tópicos de Física moderna e experimentação. Revista Ponto de Vista, Vol. 3, pg.68, Florianópolis. 2006.
- POSTMAN, Neil & Weingartner, Charles (1969). **Teaching as a subversive activity**. New York: Dell Publishing Co. 219p.
- RAO, Singiresu S. **Vibrações mecânicas**/Singiresu S. Rao: revisor técnico José Juliano de Lima Junior; tradução Arlete Simille. Sao Paulo SP. Ed. Pearson Prentice Hall, 2008.
- SILVA, E.L.D.; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. Florianopolis: Editora da UFSC, 2001.
- TAVARES, R. **Aprendizagem significativa**. Revista conceitos. 2004. Disponível em: <<http://www.fisica.ufpb.br/~Romero/objetosaprendizagem/Rived/Artigos/2004-RevistaConceitos.pdf>>. Acesso em 15/05/2019.
- TENENBAUM, R. A. (2007). **“Using Computer Modeling as a Tool to Solve Nonlinear Equations of Motion in Dynamics Teaching.”** In: International Congresso f Mechanical engineering, 19th, Brasília, Brazil.
- VALADARES, J. M. **O professor diante do espelho**: reflexões sobre o conceito de professor reflexivo. In: PIMENTA, S. G. ; GHEDIN, E. (Orgs.). Professor reflexivo no Brasil: gênese e crítica de um conceito. São Paulo: Cortez; 2002.
- VEIT, E. A.; TEODORO, V. D. **Modelagem no Ensino/Aprendizagem de Física e os Novos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v.24, n.2, p. 87-90, 2002.
- YOUNG, Hugh D. Física II: **Termodinâmica e Ondas**/ Young e Freedman; [colaborador A. Lewis Ford]; tradução Claudia Santana Martins; revisão técnica Adir Moisés Luiz - 12.ed. São Paulo.SP. Addison Wesley, 2008.

APENDICE A
PESQUISA COM OS PROFESSORES DE FÍSICA



Programa de Pós-graduação em Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Discente: Márcio Queiroz de Oliveira

Orientador: Dr. Saymon Henrique Santos Santana

O seguinte questionário faz parte de uma pesquisa em Ensino de Física. Seu preenchimento é de caráter facultativo e anônimo.

I - Perfil do Entrevistado

1) Graduação

- a) Licenciatura em Física
- b) Licenciatura em Matemática
- c) Licenciatura em Ciências Naturais
- d) Outra : (Informar) _____

2) Pós-Graduação

- a) Especialização em andamento
- b) Especialização Concluída
- c) Mestrado em andamento
- d) Mestrado Concluído
- e) Doutorado em Andamento
- f) Doutorado Concluído
- g) Não possui

3) Tempo na docência em Física

- a) 0 a 2 anos
- b) 3 a 5 anos
- c) 6 a 9 anos
- d) 10 anos a mais

II - Perfil da Instituição de Ensino na qual atua

1) Instituição de ensino na qual atua

- a) pública
- b) particular
- c) publica e particular

2) Atua em quantas turmas de ensino médio?

- a) 1 a 3
- b) 4 a 5
- c) 6 a 8
- d) mais de 9

III – Perspectivas de Inserções Metodológicas no Ensino Médio

1) trabalha temas mecânica vibratória?

- a) sim, todo ano;
- b) sim, as vezes quando dá;
- c) não, nunca;

2) Na sua opinião qual a importância de trabalhar temas de mecânica vibratória no ensino médio?

- a) É importante, pois evidencia o uso das tecnologias atuais com a Física.
- b) Não tem muita importância, pois a Física moderna não tem ligação com o cotidiano do aluno.
- c) É irrelevante, pois o conteúdo anual já é extenso e um a menos para os alunos fica mais fácil para passar.
- d) nunca passei aos meus alunos

3) Qual o interesse dos alunos ao estudarem mecânica vibratória?

- a) Pouco motivados;
- b) Demonstram grande interesse;
- c) São indiferentes.

4) Nas aulas sobre mecânica vibratória qual metodologia você usa?

- a) Somente aulas expositivas;
- b) Aulas expositivas e práticas dependendo do conteúdo;
- c) Aulas expositivas e uso de softwares para fazer simulações;
- d) Aulas expositivas e experimentos em laboratório.

5) Quando você utiliza metodologias inovadoras os alunos apresentam alguma melhora na aprendizagem?

- a) Sempre
- b) Às vezes
- c) Não há melhora significativa

6) Utilizaria uma metodologia inovadora em sala de aula para ensinar temas de mecânica vibratória?

- a) Sim, se disponível;
- b) Sim, se fosse capacitado para isso;
- c) Não, prefiro minha metodologia;

7) Qual a principal dificuldade encontrada para trabalhar temas de mecânica vibratória nas turmas de ensino médio?

- a) Falta de bagagem matemática nos alunos
- b) Falta de interesse dos alunos em estudar novos temas
- c) Falta de recursos didáticos que facilitem a apresentação adequada desse tipo de conteúdo
- d) Outra: (especificar): _____

8) Utiliza algum software em sala de aula, como ferramenta didática para apresentação do conteúdo?

- a) Não
- b) Sim

APENDICE B
PESQUISA COM OS ALUNOS DA DISCIPLINA DE FÍSICA



Programa de Pós-graduação em Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Discente: Márcio Queiroz de Oliveira

Orientador: Dr. Saymon Henrique Santos Santana

Questionário aplicado em turmas de 1º ano da Educação Integral da Escola Deocleciano Alves Moreira.

Aluno(a): _____

Antes da intervenção metodológica

1) Qual o seu conhecimento sobre mecânica vibratória?

- a) não conheço
- b) conheço

2) Qual sua dificuldade ao estudar Física?

- a) Matemática aplicada a Física
- b) entender os conceitos de Física
- c) não tenho dificuldades.

3) Qual o grau de importância do estudo de mecânica vibratória na disciplina de Física?

- a) não tem nenhuma importância
- b) alto
- c) médio.
- d) baixo

4) A representação gráfica facilita a compreensão dos conteúdos de Física?

- a) não
- b) sim

5) o uso de aplicativos dentro de uma aula contextualizada pode contribuir para a compreensão dos conteúdos de Física?

- a) sim
- b) não

6) Você faz uso de aplicativos no celular para fins estudantis?

- a) sim
- b) não

APENDICE C
PESQUISA COM OS ALUNOS DA DISCIPLINA DE FÍSICA



Programa de Pós-graduação em Física
Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

Discente: Márcio Queiroz de Oliveira

Orientador: Dr. Saymon Henrique Santos Santana

Questionário aplicado em turmas de 1º ano da Educação Integral da Escola Deocleciano Alves Moreira.

Aluno(a): _____

Após a intervenção metodológica

- 1) Após a utilização do aplicativo Gnuplot nas aulas de mecânica vibratória, qual seu grau de conhecimento deste conteúdo?**
 - a) Alto
 - b) Médio
 - c) Baixo

- 2) Após a utilização do aplicativo nas aulas de Física, você saberia citar quais são os fenômenos estudados em mecânica vibratória?**
 - a) Sim
 - b) Não

- 3) Após a utilização do aplicativo nas aulas de Física, você afirmaria que a ressonância destrutiva, faz parte do conteúdo de mecânica vibratória?**
 - a) sim
 - b) não

- 4) Após a utilização do aplicativo Gnuplot, você afirmaria que o amortecedor de moto tem fundamentação em mecânica vibratória?**
 - a) sim
 - b) não

- 5) Após a utilização do aplicativo Gnuplot, você citaria com facilidade quais os componentes básicos do movimento harmônico simples?**
 - a) sim
 - b) não

- 6) Após a utilização do aplicativo Gnuplot, como você classificaria a contribuição dele para ampliar seus conhecimentos no ensino mecânica vibratória?**
 - a) alto
 - b) baixo



MATERIAL DE APOIO AO PROFESSOR DE FÍSICA
APOSTILA PARA TRABALHAR TÓPICOS DE MECÂNICA VIBRATÓRIA NO
ENSINO MÉDIO, ATRAVÉS DA UTILIZAÇÃO DO APLICATIVO GNUPLOT

Márcio Queiroz de Oliveira
Orientador: Dr. Saymon Henrique Santos Santana

Programa de Pós-graduação em Ensino de Física da Universidade Federal do
Sul e Sudeste do Pará – Campus de Marabá do Curso de Mestrado Nacional
Profissional em Ensino de Física (MNPEF)

Marabá
2020

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Pagina para download do Gnuplot	4
Figura 2: Tela inicial do Gnuplot.....	5
Figura 3: Aba de Funções predefinidas no Gnuplot	6
Figura 4: Escrevendo uma função no Gnuplot	7
Figura 5: Gráfico em duas dimensões criado no Gnuplot.....	7
Figura 6: Tipos de cores e pontos disponíveis no Gnuplot.....	8
Figura 7: Gráfico com pontos.....	9
Figura 8: Gráfico com linhas	9
Figura 9: Gráfico com barras	9
Figura 10: Animação da onda para o movimento harmônico simples cena A... 13	
Figura 11: Animação da onda para o movimento harmônico simples cena B... 13	
Figura 12: Resposta do Sistema para o Movimento Harmônico Simples..... 14	
Figura 13: Resposta do Sistema para o Movimento Amortecido	16
Figura 14: Resposta do Sistema para o Movimento Forçado.....	17

SUMÁRIO

1 APRESENTAÇÃO	3
2 PREPAROS INICIAIS	4
2.1 Baixando e Instalando o Gnuplot	4
2.2 Principais comandos do Gnuplot	5
3 COMANDOS BÁSICOS	5
4 MODIFICAÇÃO DE ATRIBUTOS	8
4.1 Cores, tipos de linhas e Pontos	8
5 ROTEIROS DE GNUPLOT PARA MECÂNICA VIBRATÓRIA	11
5.1 Exemplos de animações em vibrações	11
5.1.1 Simulação de uma onda.....	12
5.2 Movimento Harmônico Simples	14
5.3 Movimento Amortecido	15
5.4 Movimento Amortecido e Forçado	16
REFERÊNCIAS	18

1 APRESENTAÇÃO

Os esforços para melhoria contínua da educação estão apoiados em diversas estratégias metodológicas. Enquanto isso, nos tempos atuais, a redução da defasagem no ensino de ciências exatas figura como uma das grandes preocupações dos professores tanto dos níveis médio, quanto superior. Nessa perspectiva, a inserção de novas metodologias pode se constituir como um artifício eficiente para aumentar o interesse dos discentes nos conteúdos ministrados e, conseqüentemente, facilitar o processo de ensino.

O ensino de mecânica vibratória geralmente não é abordado no ensino médio de maneira satisfatória, devido, principalmente, à defasagem matemática supracitada e à falta de tempo hábil na carga horária.

Sendo assim, para diminuir essa dificuldade, este produto educacional foi desenvolvido para o Programa de Pós-graduação da Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará – campus II de Marabá, no curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

O mesmo consiste em uma apostila com roteiros do gnuplot para facilitar o entendimento dos alunos em temas de mecânica vibratória no ensino médio. A seguir, são apresentados alguns procedimentos para download, instalação e uso em nível básico do software. Posteriormente, são apresentados, de maneira mais específica, os roteiros destinados à confecção de gráficos e animações voltados para os fenômenos de mecânica vibratória.

2 PREPAROS INICIAIS

O Gnuplot é essencialmente um programa operado através de linhas de comando e que permite a confecção de gráficos a partir de dados ou funções matemáticas em duas ou três dimensões. Sua execução é possível na maioria dos sistemas operacionais (Linux, Unix, Windows, MAC OS X, Android) e é possível gerar saídas nos mais diversos formatos comumente utilizados (jpeg, png, eps, ps, pdf, gif, avi, svg).

2.1 Baixando e Instalando o Gnuplot

Embora seja nativo em diversas versões do Linux, existem diversos sites a partir dos quais se pode obter o Gnuplot. Um deles é o <<http://www.gnuplot.info/download.html>>⁴. No link [Primary download site on SourceForge](#) Figura 1 o usuário será direcionado para a tela seguinte, onde poderá baixar a última versão do software através do link [latest version](#)

Figura 1: Pagina para download do Gnuplot

gnuplot download

Current gnuplot major version is 5.2

- [Primary download site on SourceForge](#)
 - [git repository](#)
- [Release Notes](#)

The most recent release was 5.2.7 (May 2019)

Downloads offered by others

Development version:

- Windows binaries built by Tatsuhiro Matsuoka: ([cygwin](#)) and ([MinGW](#)) and
- Contributed Macintosh and linux (deb) binaries may be available at [nix.flapane.com](#)

Various Sources and binaries (miscellaneous operating systems):

- Gnuplot on sourceforge, section [Files](#)
- [CTAN](#) mirrors: [ftp.dante.de](#), [ftp.tex.ac.uk](#), [ftp.csbgg.cz](#)
- Linux rpm/deb/etel packages: see servers of your favourite distributor.
- **3rd party OSX binaries**
[csml-wiki.northwestern.edu](#)
[nicardo.ecn.wfu.edu](#)

[Go back](#) to gnuplot homepage.

Version: May 2019

Fonte: Autor

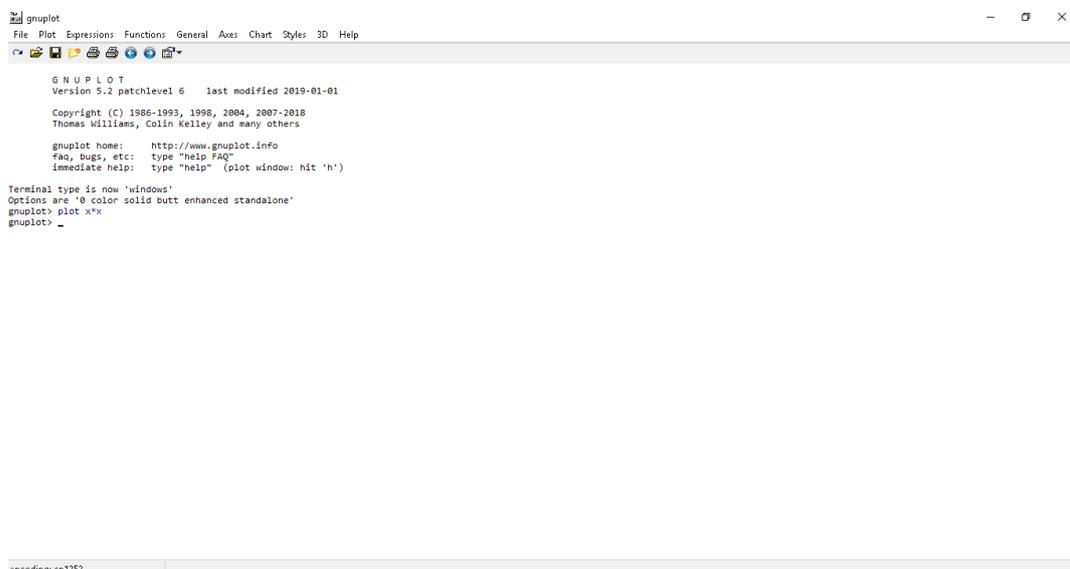
O processo de instalação é iniciado ao abrir o arquivo baixado. Nesse instante, o usuário poderá escolher o idioma da interface, ter acesso aos termos

de uso do programa, indicar o diretório no computador para a instalação, além de escolher ícones de inicialização rápida e quais componentes adicionais podem ser instalados junto com o Gnuplot, incluindo os ícones de inicialização. Todo o processo é didático e intuitivo.

2.2 Principais comandos do Gnuplot

Os comandos que serão executados no gnuplot são inseridos na tela principal, ilustrada na Figura 2, a seguir.

Figura 2: Tela inicial do Gnuplot



```

gnuplot
File Plot Expressions Functions General Axes Chart Styles 3D Help
GNU PLOT
Version 5.2 patchlevel 6 last modified 2019-01-01
Copyright (C) 1986-1993, 1998, 2004, 2007-2018
Thomas Williams, Colin Kelley and many others
gnuplot home: http://www.gnuplot.info
faq, bugs, etc: type "help FAQ"
immediate help: type "help" (plot window: hit 'h')
Terminal type is now 'windows'
Options are '0 color solid butt enhanced standalone'
gnuplot> plot x*x
gnuplot> _
encoding: cp1252

```

Fonte: Autor

3 COMANDOS BÁSICOS

A seguir, são apresentados alguns comandos básicos usados de maneira recorrente nas funções que descrevem os fenômenos em Mecânica Vibratória.

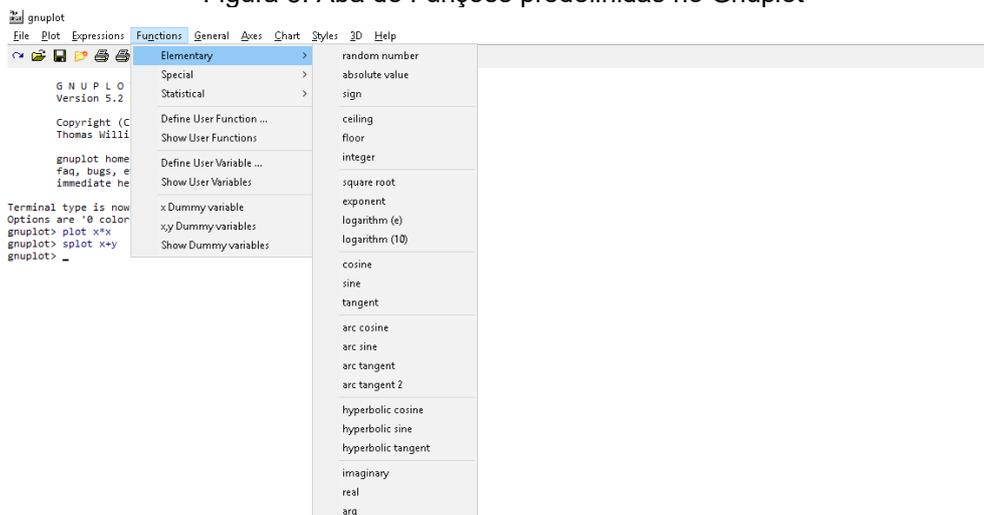
Tabela de comandos básicos

COMANDO	SIGNIFICADO	SINTAXE / EXEMPLO
plot	Criar gráfico de função bidimensional	plot sin(x)
Splot	Criar gráfico de função tridimensional	splot cos(x+y)

set xrange (set yrange)	Controle dos limites inferior (xMin) e superior xMax) da escala no eixo x (eixo y)	set xrange [xMin : xMax]
set xlabel (set ylabel)	Inserção de legenda no eixo x (eixo y)	set xlabel "LEGENDA X"
+	Soma	
-	Subtração	
*	Multiplicação	
/	Divisão	
**	Potenciação	$x^4 = x^{**4}$
abs	Valor Absoluto	abs(x)
Sqrt	Raiz Quadrada	sqrt(x)
Exp	Função exponencial	exp(x)
Sin	Função seno	sin(x)
Cos	Função Cosseno	cos(x)
Tan	Função Tangente	tan(x)
Log	Logaritmo na base e	log(x)
asin	Função Arcoseno	asin(x)
Acos	Função ArcoCosseno	acos(x)
Atan	Função ArcoTangente	atan(x)

Algumas dessas funções são predefinidas na aba functions, como mostrado na Figura 3. A seguir:

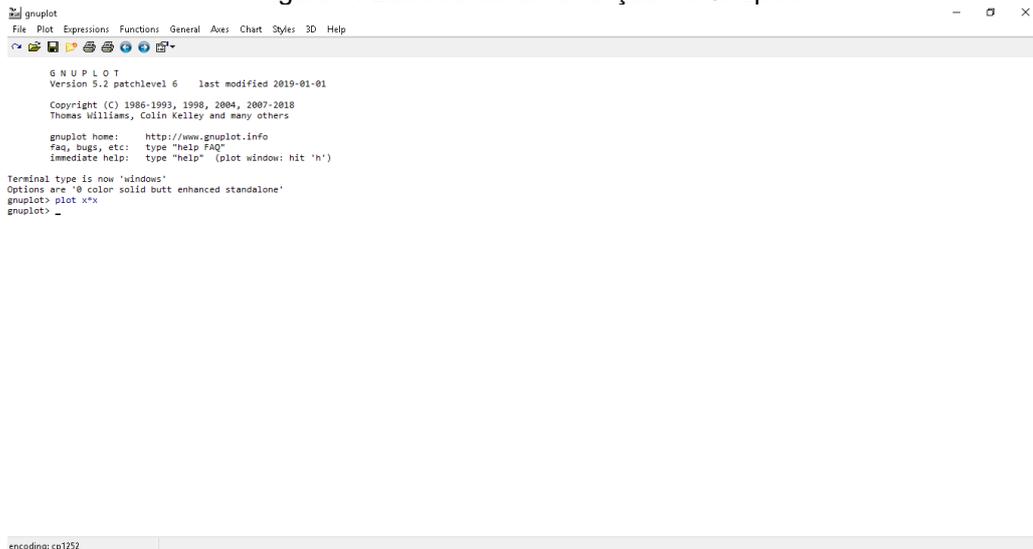
Figura 3: Aba de Funções predefinidas no Gnuplot



Fonte: Autor

Para iniciar um gráfico em duas dimensões, se coloca a palavra `plot` seguida da função que se quer inserir, conforme a Figura 4 abaixo. Em seguida, ao pressionar a tecla `Enter`, o gráfico é criado em uma segunda tela conforme mostra a Figura 5. O mesmo raciocínio é válido para gráficos tridimensionais com função `splot`.

Figura 4: Escrevendo uma função no Gnuplot



```
gnuplot
File Plot Expressions Functions General Axes Chart Styles 3D Help
encodina: cp1252

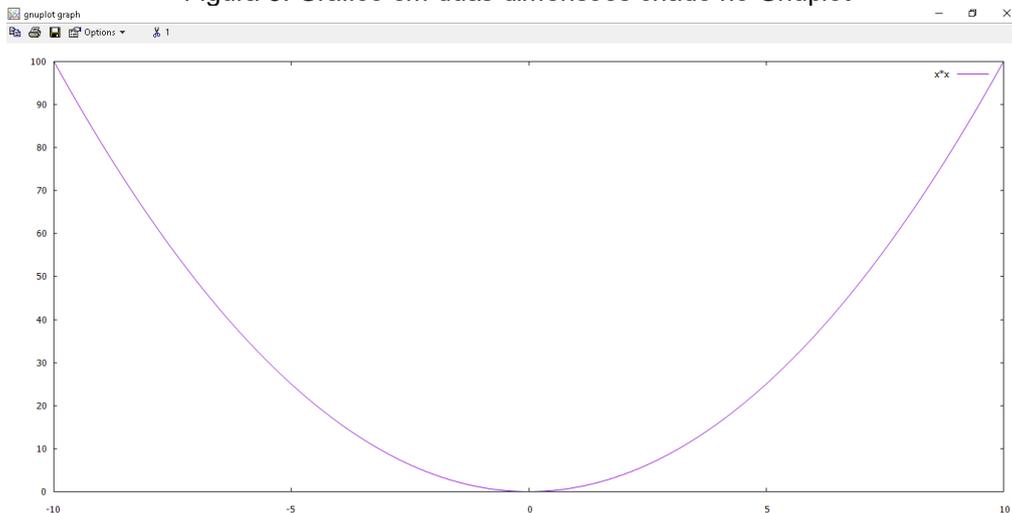
G N U P L O T
Version 5.2 patchlevel 6 last modified 2019-01-01
Copyright (C) 1986-1993, 1998, 2004, 2007-2018
Thomas Williams, Colin Kelley and many others

gnuplot home: http://www.gnuplot.info
FAQ, bugs, etc: type "help FAQ"
immediate help: type "help" (plot window: hit 'h')

Terminal type is now 'windows'
Options are 'd color solid butt enhanced standalone'
gnuplot> plot x*x
gnuplot> _
```

Fonte: Autor

Figura 5: Gráfico em duas dimensões criado no Gnuplot



Fonte: Autor

É possível inserir mais de um gráfico na mesma janela, separando as funções por vírgulas, como por exemplo: **`plot sin(x), cos(x)`**.

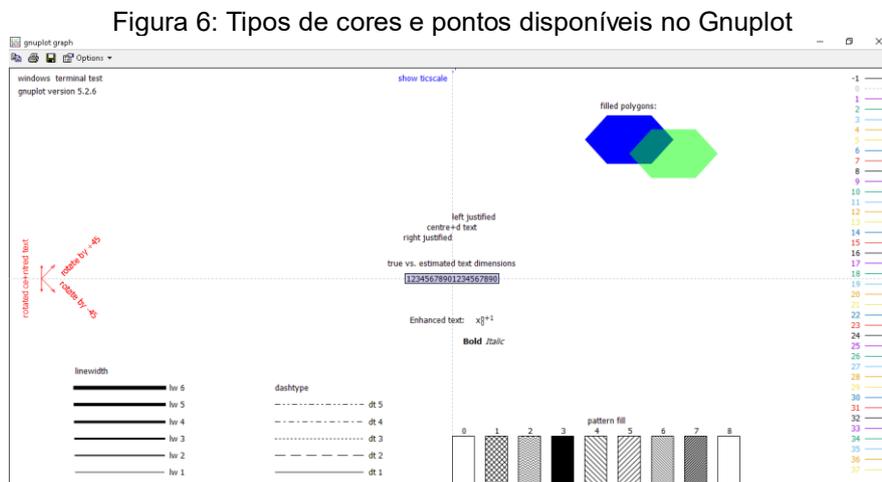
4 MODIFICAÇÃO DE ATRIBUTOS

Diversas outras opções no gnuplot também permitem a modificação de atributos nos gráficos produzidos. A seguir, são mostrados alguns comandos que podem ser explorados de maneira conveniente na produção de gráficos científicos. Os seguintes comandos serão ativados quando inseridos antes do comando plot (ou replot).

set grid – ativa a grade cartesiana no gráfico

4.1 Cores, tipos de linhas e Pontos

Para visualizar as opções de cores, pontos, linhas e suas variações nos gráficos, é possível digitar o comando **test** e o programa abrirá em uma outra janela as cores disponíveis, bem como diferentes tipos de representação por pontos, como mostrado na Figura 6.

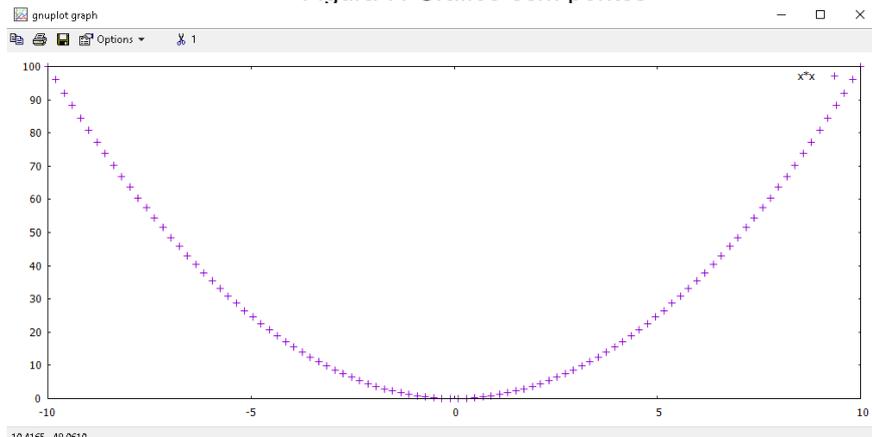


Fonte: Autor

Nas Figuras 7 a 9, a seguir, mostra-se exemplos de gráficos gerados com pontos, linhas e barras, respectivamente. Nesse caso, o comando **with** estabelece qual opção será utilizada na plotagem.

plot x^2 with points

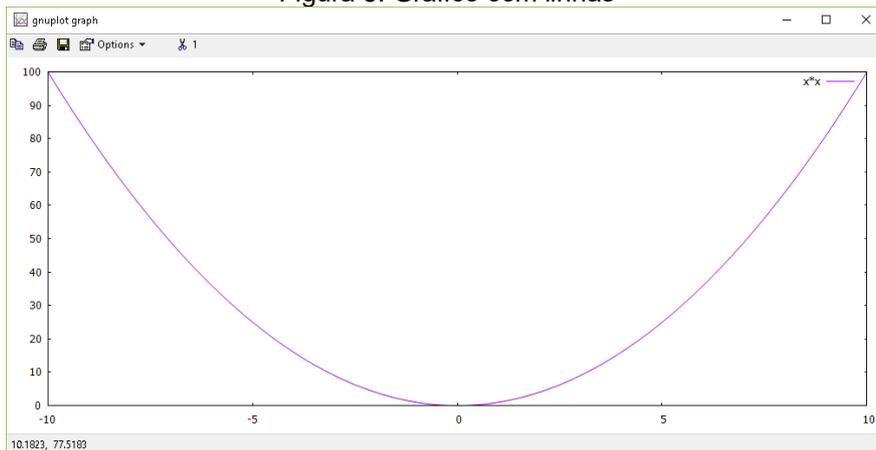
Figura 7: Gráfico com pontos



Fonte: Autor

plot x^2 with lines

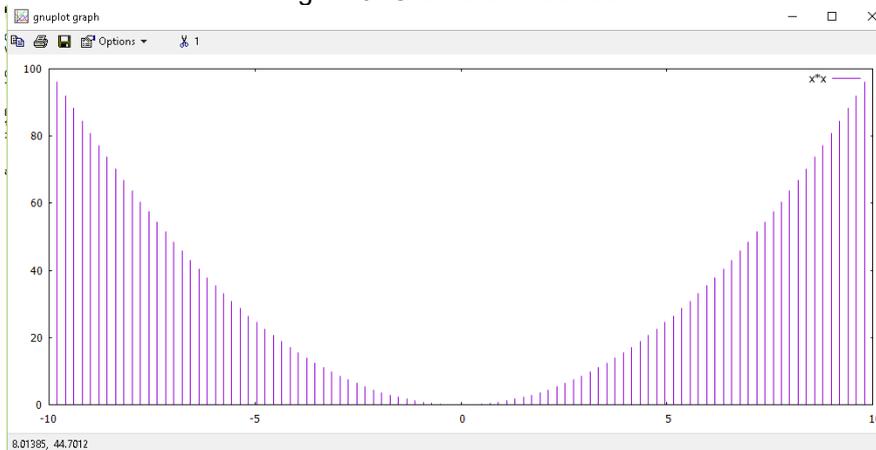
Figura 8: Gráfico com linhas



Fonte: Autor

plot x^2 with impulses

Figura 9: Gráfico com barras



Fonte: Autor

Opções de cores, espessura e tipo da linha podem ser escolhidas, respectivamente, com os comandos: `linecolor (lc)`, `linewidth (lw)`, `linetype (lt)`, sucedidos da opção (número associado) conforme já mostrado na Figura 6.

5 ROTEIROS DE GNUPLOT PARA MECÂNICA VIBRATÓRIA

O gnuplot também permite que os gráficos gerados sejam salvos em diversos formatos e que os comandos sejam salvos em arquivos de texto, comumente conhecidos como scripts (roteiros). Essa prática otimiza a edição de gráficos e a posterior modificação. Nesta seção, apresentamos alguns roteiros que podem ser usados para produção de gráficos e animações associados a fenômenos em Mecânica Vibratória.

Inicialmente, sugere-se que o professor estabeleça um ambiente de trabalho favorável sem a abordagem matemática dos assuntos, de modo que os alunos lidem apenas com a manipulação dos principais parâmetros físicos (Amplitudes, frequências, coeficientes de rigidez e de amortecimento, etc) e percebam a mudança nos gráficos a cada nova execução do roteiro. Os roteiros apresentados aqui estão em um formato simples, permitindo ao professor adaptá-lo segundo a necessidade em sala e facilitando o entendimento das variáveis e parâmetros associados a cada fenômeno/sistema físico.

O carregamento/execução do roteiro se dá através do comando load:

load “Nome_do_Roteiro”

Após essa execução, o software cria no mesmo diretório do roteiro o arquivo de saída (imagem, animação, vídeo,...) que foi especificado no roteiro por meio do comando **output**. Os roteiros desenvolvidos neste trabalho possuem comentários (precedidos do caractere #) através dos quais é possível identificar o parâmetro físico do sistema a ser ajustado e a correspondente unidade de medida.

Nas seções a seguir são apresentados os casos de movimento harmônico simples, Movimento amortecido e Movimento forçado. As Figuras 10, 11 e 12 mostram, respectivamente, cada um dos gráficos que podem ser gerados após as execuções.

5.1 Exemplos de animações em vibrações

As animações gráficas são formas de interações que estimulam visualmente o estudo de determinado fenômeno. Com o uso dos roteiros e a

interação dos parâmetros físicos propõem-se facilitar o estudo de determinado sistema.

5.1.1 Simulação de uma onda

A equação de onda pode ser definida pela fórmula:

$$F_{(x,y,t)} = A_0 \cdot \cos(k \cdot r - \omega \cdot t) \quad (1)$$

Onde:

$$r_{(x,y)} = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2)$$

Roteiro 01

reset

#Definição dos parâmetros na função de onda:

T é o período

lambda é o comprimento de onda

A0 é a amplitude

r é a distancia radial em relação à origem

T = 20

lambda = 4

K=2*pi/lambda

omega = 2*pi/T

r(x,y) = sqrt(x2 + y**2)**

A0 = 1.0

F(x,y,t) = A0*cos(K*r(x,y) - omega*t)

#Definições da plotagem

set xlabel 'X'

set ylabel 'Y'

set pm3d

set isosamples 200

unset surface

set xrange [-3:3]

set yrange [-3:3]

set zrange [-2:2]

#Definições do terminal GIF

set terminal gif medium animate 120 size 800,600

#Inicio da animação

set output 'Onda.gif'

início do loop para construção da animação

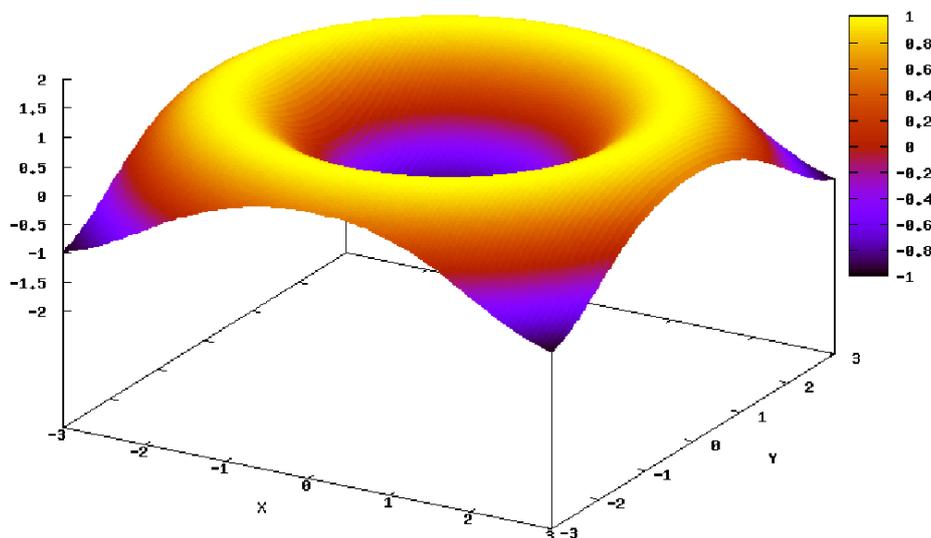
do for [i=1:T] {

plot F(x,y,i)}

#Finalizar a animação set output

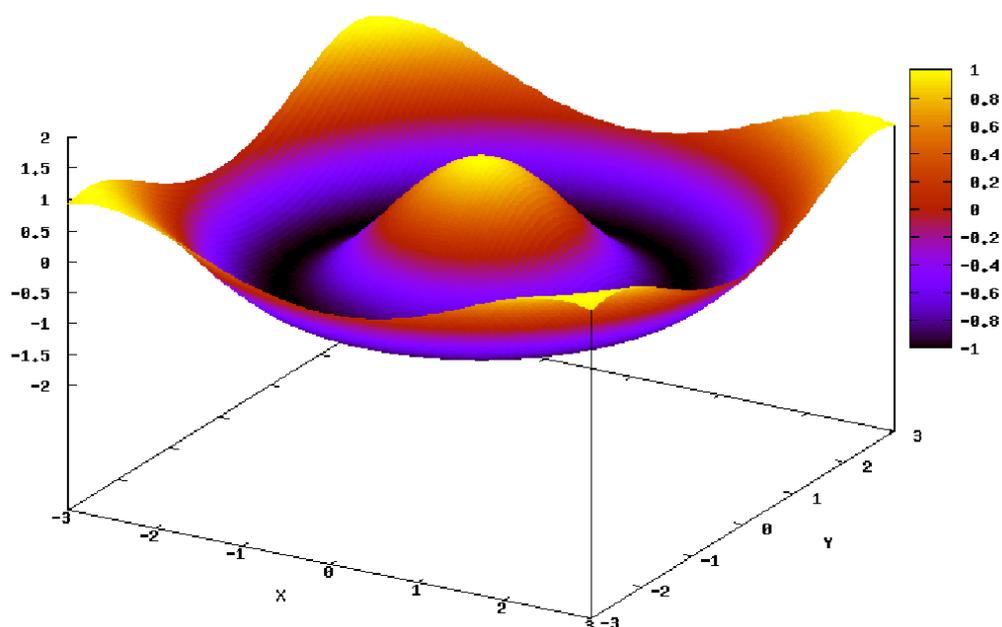
As Figuras 10 e 11 a seguir mostram imagens instantâneas da animação gerada com o roteiro acima.

Figura 10: Animação da onda para o movimento harmônico simples cena A



Fonte: Autor

Figura 11: Animação da onda para o movimento harmônico simples cena B



Fonte: Autor

5.2 Movimento Harmônico Simples

$$x(t) = A \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (3)$$

Roteiro 02

```

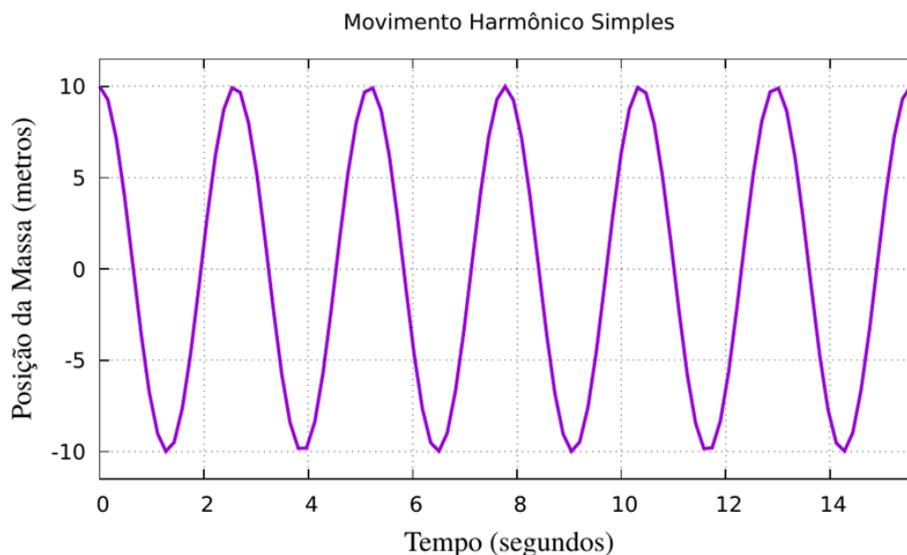
reset
set term pdf enhanced color
set output 'FigMovHarm01.pdf'

set grid
set key off
set xlabel 'Tempo (segundos)' font 'Times, 16'
set ylabel 'Posição da Massa (metros)' font 'Times, 16'
set title 'Movimento Harmônico Simples'

#parametros físicos do sistema
#Amplitude do Movimento (em m)
  Amp = 10
#Constante Elástica (em N/m)
  k = 20.0
#Massa (em kg)
  m = 3.4
#Fase Inicial (em rad)
  phi = 0.0
set xrange [0:5*pi]
set yrange [-(Amp + 1.5):(Amp + 1.5)]
plot Amp*cos(sqrt(k/m)*x+phi) w l lw 2.5
set out

```

Figura 12: Resposta do Sistema para o Movimento Harmônico Simples



Fonte: Autor

5.3 Movimento Amortecido

A variação temporal da posição é dada por:

$$x(t) = A_0 \cdot e^{\frac{-b \cdot t}{2m}} \cdot \cos(\omega' t + \varphi) \quad (4)$$

Onde a frequência angular agora passa a depender também do coeficiente de amortecimento, de modo que:

$$\omega' = \sqrt{\frac{k}{m} - \frac{b^2}{4m^2}} \quad (5)$$

Roteiro 03

```

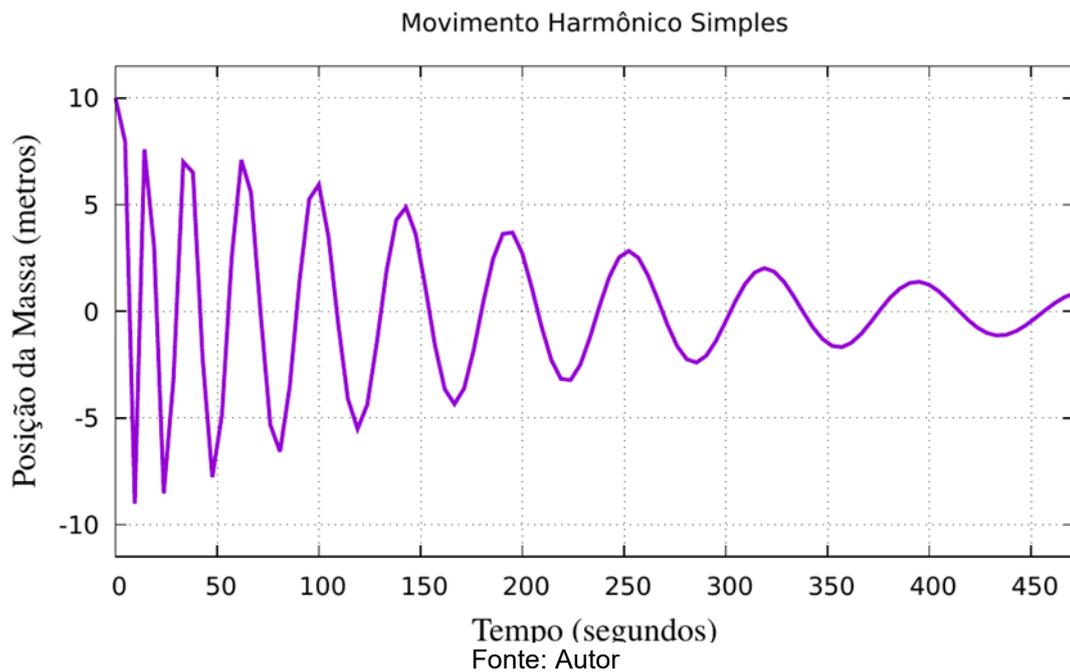
reset
set term pdf enhanced color
set output 'FigMovHarm01.pdf'
set grid
set key off
set xlabel 'Tempo (segundos)' font 'Times, 16'
set ylabel 'Posição da Massa (metros)' font 'Times, 16'

#parametros físicos do sistema
#Amplitude do Movimento (em m)
  Amp = 10
#Constante Elástica (em N/m)
  k = 100.00
#Massa (em kg)
  m = 1
#Fase Inicial (em rad)
  phi = 0.0
#Coeficiente de amortecimento
  b = 0.01
#frequencia amortecida
  w = sqrt( (k/m) - b**2/4/m)
set xrange [0:150*pi]
set yrange [-(Amp + 1.5):(Amp + 1.5)]
set title 'Movimento Amortecido'

plot Amp*exp(-b*x/2/m)*cos(sqrt(w*x+phi)) w l lw 2.5
set out

```

Figura 13: Resposta do Sistema para o Movimento Amortecido



5.4 Movimento Amortecido e Forçado

Para o caso de uma força externa periódica de Amplitude $F_{\text{máx}}$, com frequência angular ω_d , a amplitude do movimento pode ser escrita como:

$$A = \frac{F_{\text{máx}}}{\sqrt{(k - m\omega_d^2)^2 + b^2\omega_d^2}} \quad (5)$$

Roteiro 04

```

reset
set term pdf enhanced color
set output 'FigMovHarm01.pdf'
set grid

set xlabel 'Frequência Angular da Força Externa (rad/s)' font 'Times,
16'
set ylabel 'Amplitude' font 'Times, 16'

#parametros físicos do sistema
#Amplitude do Movimento (em m)
Fo = 1.0
#Constante Elástica (em N/m)
k = 10.00
#Massa (em kg)

```

```

m = 1
# (em rad)
wd = 10.0
#Coeficiente de amortecimento 1
b = 0.01
#Coeficiente de amortecimento 2
b2 = 0.05
#Coeficiente de amortecimento 3
b3 = 0.1
#frequencia amortecida
w = sqrt( (k/m) - b**2/4/m)

set xrange [2:4]
#set yrange [-(Amp + 1.5):(Amp + 1.5)]

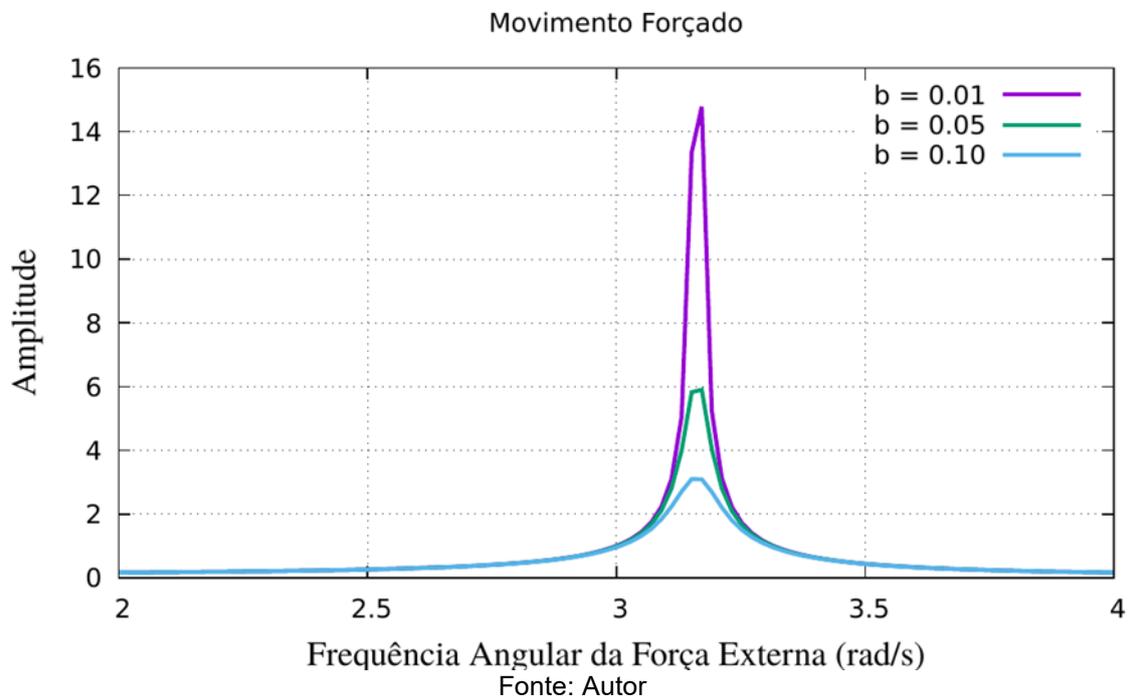
set title 'Movimento Forçado'

plot Fo/sqrt( (k - m*x**2)**2 + b**2*x**2 ) w l lw 2.5 title 'b = 0.01',\
      Fo/sqrt( (k - m*x**2)**2 + b2**2*x**2 ) w l lw 2.5 title 'b = 0.05',\
      Fo/sqrt( (k - m*x**2)**2 + b3**2*x**2 ) w l lw 2.5 title 'b = 0.10'

set out

```

Figura 14: Resposta do Sistema para o Movimento Forçado



REFERÊNCIAS

ARIAS, Ricardo. **Ensino de Conceitos de Vibrações Mecânicas utilizando a simulação computacional apoiada na plataforma Scilab/Matlab: uma aplicação no curso de engenharia mecânica**.2017. [Dissertação]. [Itajaí (SC)]. Universidade do Vale do Itajaí. Curso de mestrado acadêmico em computação aplicada. 130 p. disponível em:< <http://siaibib01.univali.br/pdf/Ricardo%20Arias.pdf>>. Acesso em 09 de junho de 2019.

DASGUPTA, Ananda. **Gnuplot animations as a Physics teaching tool**. 2011.4 pg. Department of Physics, Indian Institute of Science Education and Research – Kolkata. Disponível em:<http://www.lajpe.org/icpe2011/47_Ananda_Dasgupta.pdf>. Acesso em 10 de junho de 2019.

FILHO, Paulo de Tarso Salviano. **Ferramenta didática para o ensino de vibrações e de dinâmica em engenharia**. [Dissertação]. [Brasília (DF)]. Universidade de Brasília, faculdade de tecnologia, departamento de engenharia mecânica.2009. 111 p. disponível em:<<http://repositorio.unb.br/handle/10482/4525>>. Acesso em 10 de junho de 2019

GALO, Mauricio. **Tutorial: introdução ao uso do aplicativo Gnuplot**. Disponível em.<http://gege.fct.unesp.br/docentes/cartogalo/web/Gnuplot/pdf/2017_Galo_Gnuplot_Tutorial.pdf>. Acesso em 12 de maio de 2019.