



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE BRAGANÇA
INSTITUTO DE ESTUDOS COSTEIROS
FACULDADE DE CIÊNCIAS NATURAIS

JOEDILA FELIPE DA SILVA

USO DE COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA APLICADA AO ENSINO DE CIÊNCIAS

BRAGANÇA – PA

2024

JOEDILA FELIPE DA SILVA

USO DE COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA APLICADA AO ENSINO DE CIÊNCIAS

Trabalho de Curso (TC), apresentado à Faculdade de Ciências Naturais do Campus Universitário De Bragança Da Universidade Federal Do Pará (UFPA) como requisito para obtenção do título de Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Naturais.

Orientador(a): Prof.^a Dra. Alessandra Nascimento Braga

Coorientador(a): Prof.^a MSc. Aline Nascimento Braga

BRAGANÇA – PA

2024

JOEDILA FELIPE DA SILVA

USO DE COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA APLICADA AO ENSINO DE CIÊNCIAS

Trabalho de Curso (TC) apresentado à Faculdade de Ciências Naturais do Campus Universitário de Bragança da Universidade Federal do Pará (UFPA) como requisito para obtenção do título de Graduação em Licenciatura Plena em Ciências Naturais.

Orientadora: Prof.^a Dra. Alessandra Nascimento Braga

Coorientadora: Prof.^a MSc. Aline Nascimento Braga

Data de aprovação: ___/___/___

Banca Examinadora:

Prof.^a Dra. Alessandra Nascimento Braga Orientadora - UFPA

Prof.^a MSc. Aline Nascimento Braga Coorientadora - UFPA

Prof. Dr. Vicente Ferrer Pureza Aleixo (Examinador 1 – UFPA)

Prof. Dr. Jeferson Danilo Lima Silva (Examinador 2 – UFPA)

BRAGANÇA – PA

2024

Dedico este trabalho à minha família, principalmente aos meus pais Joaquim Viera e Maria Raimunda, que sempre estiveram ao meu lado dando todo apoio moral e/ou financeiro e incentivo durante realização deste trabalho, e à minha orientadora e coorientadora que me ajudaram incansavelmente em cada etapa da pesquisa.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha gratidão a Deus por conceder-me sabedoria e força para enfrentar os desafios da vida e por suas bênçãos diárias. Agradeço a Faculdade de Ciências Naturais (FACIN) e ao Instituto de Estudos Costeiros (IECOS)/UFPA, pela oferta do Curso e com isso, a possibilidade de que eu concluísse um curso em nível Superior.

Gostaria de expressar minha gratidão à Pró-Reitoria de Extensão (PROEX), pelo apoio financeiro concedido por meio do Programa Eixo Transversal e pela oportunidade de ter me permitido vivenciar experiências enriquecedoras que agregaram a minha formação docente, seu suporte foi fundamental para a conclusão deste estudo.

Ao longo desse processo, algumas pessoas foram de extrema importância, por isso, sou extremamente grata a minha Orientadora Profa. Dra. Alessandra Nascimento Braga, e à coorientadora, Prof.^a MSc. Aline Nascimento Braga, por me acolherem em seu grupo de iniciação científica e por compartilharem seus conhecimentos, tempo, atenção e paciência durante as orientações. Sua ajuda foi inestimável em todas as etapas deste trabalho, e aos professores que compartilharam seu conhecimento e experiência, contribuindo para o meu crescimento acadêmico e profissional. Em especial ao Prof.^o Dr. Carlos Alberto Brito Da Silva Junior pelas contribuições com este trabalho, que foram essenciais para a minha formação.

Expresso minha imensa gratidão a minha família, em especial aos meus pais, Joaquim Vieira e Maria Raimunda, por todo amor, apoio, compreensão e incentivo. Especialmente à minha mãe, que me deu força e coragem para estudar longe de casa desde os 12 anos, as minhas irmãs Elem Patrícia e Daiane por sempre me ampararem e ajudar.

Também expresso minha gratidão aos meus colegas de curso, Everson Jyan, Viviane Lima, pelas trocas de conhecimento, pela motivação diária, colaboração e apoio mútuo, mas principalmente, por nunca terem soltado a minha mão ao longo dessa jornada acadêmica.

Agradeço ao Grupo de Pesquisa em Ensino de Física de Bragança (GPEFB) por compartilhar conhecimentos e experiências valiosas, enriquecendo meu aprendizado durante as reuniões do grupo.

A todos, muito obrigado!

*O aprendizado é experiência. Tudo o resto é
apenas informação.*

Albert Einstein

RESUMO

Este trabalho, qualitativo e teórico, versa sobre Uso De Computação Algébrica Aplicada Ao Ensino De Ciências com a utilização de software Maxima como uma ferramenta tecnológica eficaz no ensino de Ciências. O presente trabalho tem objetivo introduzir noções e comandos básicos do software Maxima para auxiliar e estimular alunos e professores em sala de aula e aplicá-las em diversos contextos de ensino de ciências. O trabalho de curso apresenta-se em formato de livro o qual foi organizado do seguinte modo: introdução ao software, instalação do programa no computador e/ou celular e noções de como manuseá-lo; entendimento sobre a utilização de funções básicas, manipulações gráficas e animações em formato GIF da referida ferramenta; e a aplicabilidade da ferramenta no ensino de ciências destacando exemplos práticos de aplicação do Maxima em atividades de ensino de Ciências/Física, com o intuito de resolver alguns problemas de Física, abordando assuntos sobre como cinemática e dinâmica de Newton, posição, velocidade média, força, aceleração, trabalho e energia, demonstrando a praticidade e eficácia nas soluções, como forma de despertar o interesse de estudantes e professores interessados em compreender sobre a sequência lógica da Computação Algébrica CA aplicada ao ensino de Ciências. Conclui-se que o uso do software Maxima no ensino de Ciências/Física são de grande auxílio na construção do conhecimento uma vez que, melhora a compreensão dos conhecimentos tecnológicos aplicados ao ensino de Ciências e facilitam o aprendizado acadêmico.

Palavras-chaves: Computação Algébrica. Softwares Educacionais. Ensino de Ciências.

ABSTRACT

This work, qualitative and theoretical, deals with the Use of Algebraic Computing Applied to Science Teaching with the use of Maxima software as an effective technological tool in Science Teaching. The present work aims to introduce basic notions and commands of the Maxima software to assist and stimulate students and teachers in the classroom and apply them in various contexts of science teaching. The course work is presented in book format, which was organized as follows: introduction to the software, installation of the program on the computer and/or cell phone and notions of how to handle it; understanding of the use of basic functions, graphic manipulations and animations in GIF format of the referred tool; and the applicability of the tool in science teaching, highlighting practical examples of application of Maxima in Science/Physics teaching activities, in order to solve some Physics problems, addressing issues such as Newton's kinematics and dynamics, position, average velocity, force, acceleration, work and energy, demonstrating the practicality and effectiveness of the solutions, as a way to arouse the interest of students and teachers interested in understanding the logical sequence of AC Algebraic Computation applied to Science teaching. It is concluded that the use of the Maxima software in the teaching of Science/Physics is of great help in the construction of knowledge since it improves the understanding of technological knowledge applied to the teaching of science and facilitates academic learning.

Keywords: Algebraic Computation. Educational Software. Science Teaching.

APRESENTAÇÃO

O presente Trabalho de Curso (TC) apresenta-se em formato de livro, o qual foi publicado em 14 de junho de 2024, em formato e-book, com ISBN: 978-65-85175-23-4 e DOI: 10.29327/5406059, intitulado, ‘Noções Básicas Do Software Maxima No Ensino De Ciências’, pela Editora Forma Educacional do grupo MultiAtual Educacional. O mesmo desenvolvido durante a iniciação científica da estudante bolsista no período de novembro de 2021 a julho de 2024 no âmbito do Programa Institucional de Bolsas de Extensão – PIBEX e EIXO TRANSVERSAL (PROEX-UFPA), sob a orientação da Profa. Dra. Alessandra Nascimento Braga e sob a coorientação da Profa. Msc. Aline Nascimento Braga. do qual sou a primeira autora e está sendo submetido para efeito de Trabalho de Curso (TC) à FACIN-IECOS.

O objetivo do trabalho consiste em Introduzir noções e comandos básicos do software Maxima para auxiliar e estimular alunos e professores (atuantes da educação básica, em formação inicial e continuada) em sala de aula e aplicá-las em diversos contextos no ensino de ciências. Com a finalidade de tornar o software Maxima como uma ferramenta tecnológica eficaz no ensino de Ciências/Física por meio de materiais digitais interativos, para facilitar a aprendizagem no ensino de Ciências Softwares Educacionais e a Computação Algébrica (CA) aplicada em Ciências, bem como, a divulgação da referida produção via rede social Instagram, vinculado ao projeto de extensão EIXO TRANSVERSAL, edital PROEX N° 03/2023. Dito isso, os resultados obtidos permitiram concluir que o uso do software Maxima no ensino de Ciências/Física, possui uma grande potencialidade se utilizada de forma correta, e assim compreender essa ferramenta, podemos manipular cálculo de alguma expressão matemática, isso possibilita com que o indivíduo compreenda as operações envolvidas. portanto o uso do software como ferramenta no ensino de ciências, é de grande auxílio na construção do conhecimento uma vez que, melhora a compreensão dos conhecimentos tecnológicos aplicados facilitando o aprendizado, obtendo resultados satisfatórios.

$$M = \left(\frac{x_1 + x_2}{2}, \frac{y_1 + y_2}{2} \right)$$

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

10

NOÇÕES BÁSICAS DO SOFTWARE MAXIMA NO ENSINO DE CIÊNCIAS



**Uma Abordagem Prática
Através de Soluções de
Problemas Físicos
Voltados Para o Ensino de
Ciências**

Joedila Felipe da Silva

Josiney Farias de Araújo

Aline Nascimento Braga

Carlos Alberto Brito da Silva Júnior

Alessandra Nascimento Braga

$$E = m \cdot c^2$$

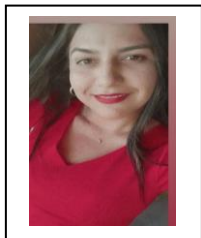
$$a = \frac{v_f - v_i}{t}$$

NOÇÕES BÁSICAS DO SOFTWARE MAXIMA NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Joedila Felipe da Silva, Josiney Farias de Araújo, Aline Nascimento Braga, Carlos Alberto Brito da Silva Júnior e Alessandra Nascimento Braga

Biografia dos Autores:

Joedila Felipe da Silva



Licencianda Plena em Ciências Naturais (FACIN-IECOS-CABrag-UFPA) e bolsista PIBEX (PROEX-UFPA). Durante o período de desenvolvimento do seu plano de trabalho, descobriu a magia de pesquisar por levantamentos bibliográficos sobre "Construção do Saber Científico e Tecnológico na Amazônia: O Uso da Computação Algébrica para o Ensino de Ciências". Este projeto culminou no TCC, na criação da página para a divulgação do projeto através da ferramenta tecnológica de comunicação e informação, o *Instagram* onde se faz uso do software de programação denominado "Maxima" e este livro.

Josiney Farias de Araújo



Doutorando no Programa de Botânica Tropical (UFRA/MPEG), Mestre em Ecologia – UFPA (2021), Graduado em Ciências Naturais e Química – UFPA (2015 e 2023). Integrante do Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências e Física (GPECF). Revisor de 9 periódicos e de trabalhos acadêmicos na forma de resumos em Congressos, Organizador de Eventos Científicos, membro do Conselho Editorial Amplla, Pascal e Revista Internacional de Estudos Científicos. Tem 17 artigos, 16 capítulos de livros e 6 livros sobre ensino de Ciências. Colaborador para publicação desta obra.

Aline Nascimento Braga



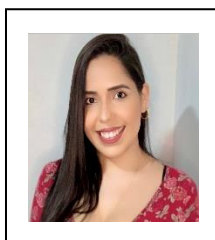
Doutoranda no PPGECM-IEMCI-UFPA, Mestra (2018) pelo PPGDOC/IEMCI/UFPA e Licenciada (2014) em Ciências Naturais - UFPA. Integrante dos Grupos de Pesquisa do CNPq: Grupo de Estudo e Pesquisa sobre Uso de TIC em Educação (GETIC/UFPA) e GPECF/UFPA. Pertence ao comitê editorial da Saberes: Revista Interdisciplinar de Filosofia e Educação (UFRN). Tem 15 artigos, 1 livro e 6 capítulos de livro em Ciências e áreas afins. Coorientadora do trabalho e supervisora desta obra.

Carlos Alberto Brito Da Silva Junior.



Professor ASSOCIADO III da FACFIS-CANAN-UFPA, Professor Permanente do PPGCEM-CANAN-UFPA e do MNPEF – polo UFPA. Bacharel (2000), Licenciado (2003), Mestre (2006) em Física (PPGF-UFPA) e Doutor (2011) em Engenharia Elétrica (PPGEE-UFPA). Bolsista Produtividade em Física PQ-2 - CNPq, Consultor Ad Hoc do CNPq e Revisor de mais de 20 Periódicos. Líder do Grupo de Eletrônica Molecular de Ananindeua (GEMA/UFPA) e GPECF/UFPA. Tem 56 artigos publicados, 2 livros e 20 capítulos de livro em Física e áreas afins. Supervisor do trabalho e na redação desta obra

Alessandra Nascimento Braga



Professora ADJUNTA III da FACFIS-CANAN-UFPA e Docente Permanente do Programa de MNPEF - polo UFPA. Licenciada (2011), Mestra (2013) e Doutora (2016) em Física (PPGF-UFPA). Integrante do Grupo de Pesquisa Casimir - Amazônia; Group of Applied Field Theory (GRAFIT); GETIC/UFPA; GPECF/UFPA e GEMA/UFPA. Líder do Grupo de Estudos de Cálculos em Física (GECFIS/UFPA). Tem 20 artigos e 10 capítulos de livro em Física e áreas afins. Orientadora e supervisora do trabalho e desta obra.

$$a = \frac{v_f - v_i}{+}$$

PREFÁCIO

Este material no formato de e-book foi projetado para tornar o ensino de física atraente, envolvente, interativo e acessível a todos os níveis de escolaridade, em especial, alunos, professores (atuantes, em formação inicial e/ou continuada), e instituições de ensino. Trata-se de uma abordagem sobre o uso da Computação Algébrica (CA) no ensino de Ciências Físicas e fornece propostas de aprendizagem para cálculos, gráficos e animações por meio de atividades interativas com o software (ou App) Maxima escrito na linguagem Common Lisp e usa o Gnuplot para plotagem com o intuito de fazer uso desta ferramenta tecnológica poderosa na sala de aula para auxiliar o professor e/ou aluno. Todos os trabalhos realizados e informes relacionados ao projeto “*Construção do Saber Científico e Tecnológico na Amazônia: O Uso da CA para o Ensino de Ciências*” que forem produzidos pela bolsista/autora 1 deste ebook serão devidamente disponibilizados em uma página de divulgação científica no Instagram pelo link abaixo é só clicar no ícone:



O e-book conta ainda com conteúdo interativo que o deixa ainda mais divertido, tornando o acesso mais dinâmico e acessível que incentiva o leitor a buscar o conhecimento científico (matemático) sobre o tema abordado.

Conteúdo interativo

Ícone de toque:



Ícone de links:



Ícone de vídeo



Gostaríamos de agradecer à PROEX/UFPA pelo fomento, à FACIN-IECOS-CABrag-UFPA, ao GETIC e ao GPECF. Em especial, gostaríamos de expressar nossos sinceros agradecimentos ao Prof. Dr. Danilo Teixeira Alves, cuja orientação inicial foi fundamental para o desenvolvimento deste livro, e aos Prof. Dr. Vicente Ferrer Pureza Aleixo e Prof. Dr. Jeferson Danilo Lima Silva pela leitura e valiosas contribuições ao trabalho.

Os autores.

Bragança-PA, 03 de junho de 2024.

Preparado para
explorar o fascinante
universo da física?



$$M = \left(\frac{x_1 + x_2}{2} \right)$$

$$\cos(\theta) = \frac{\text{adj}}{\text{hyp}}$$

$$A = \frac{\sqrt{3}}{4} a^2$$

$$a = \frac{v_f - v_i}{+}$$

$$\cos(\theta) = \frac{\text{adj}}{\text{hyp}}$$

$$A = bh$$

$$A = bh$$

$$C = 2\pi r$$

$$A = \frac{a+b}{2} h$$

$$A = \frac{\sqrt{3}}{4} a^2$$

$$A = \frac{1}{2} lw$$

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	9
BIOGRAFIA DOS AUTORES.....	11
PREFÁCIO.....	12
CONTEÚDOS INTERATIVOS.....	12
LISTA DE SIGLA.....	15
MÓDULO I: INTRODUÇÃO AO SOFTWARE MAXIMA.....	16
1. INTRODUÇÃO.....	17
2. OBJETIVOS	18
3. VANTAGENS AO UTILIZAR O SOFTWARE MAXIMA.....	18
4. HISTÓRICO.....	19
5. DOWNLOAD E INSTALAÇÃO DO PROGRAMA MAXIMA.....	20
6. PASSO A PASSO DA INSTALAÇÃO.....	21
7. WXMAXIMA.....	23
8. INSTRUÇÕES NECESSÁRIAS.....	24
9. BARRA DE FERRAMENTAS DO SOFTWARE MAXIMA.....	25
10. SALVANDO E ABRINDO SESSÃO.....	26
11. COMANDO HELP.....	26
MÓDULO II: FUNÇÕES BÁSICA E CONSTANTES COM MAXIMA.....	27
12. FUNÇÕES BÁSICAS.....	28
13. OPERADORES ARITMÉTICOS.....	28
14. RAIZ QUADRADA.....	29
15. FUNÇÃO FACTOR.....	29
16. FUNÇÃO SOLVE.....	30
17. FUNÇÃO EXPAND.....	30
18. CONSTANTES.....	31
19. COMO GERAR LISTAS.....	32
19.1. Manipulação de listas.....	33
20. MATRIZES.....	33
20.1. Matrizes interativas.....	34
21. DEFININDO UMA FUNÇÃO.....	35
22. GRÁFICOS EM DUAS DIMENSÕES.....	35
23. GRÁFICO EM TRÊS DIMENSÕES.....	36
24. SIMULAÇÕES COM MAXIMA.....	37
25. CRIANDO ANIMAÇÕES EM FORMATO DE GIF.....	37
MÓDULO III: APLICAÇÃO DO SOFTWARE MAXIMA NO ENSINO DE CIÊNCIA.....	39
26. APLICAÇÕES DO SOFTWARE MAXIMA NO ENSINO DE CIÊNCIAS.....	40
27. DEFINIDO A EXPRESSÃO DA SEGUNDA LEI DE NEWTON.....	40

28. RESOLUÇÃO DE ATIVIDADE USANDO MAXIMA.....	41
28.1. Questão 1.....	41
29. RESOLUÇÃO DE ATIVIDADE ENVOLVENDO CONSTRUÇÃO DE GRÁFICO.....	42
29.1. Questão 2.....	42
29.2. Questão 3.....	43
29.3. Questão 4.....	44
30. LEIS DE NEWTON UTILIZANDO O PHET E MAXIMA.....	44
30.1. Questão 5.....	46
31. TRABALHO DA FORÇA ELÁSTICA.....	47
31.1. Questão 6.....	47
32. ACELERAÇÃO MÉDIA COM O SOFTWARE MAXIMA.....	48
32.1. Questão 7.....	48
33. FÍSICA MODERNA: RELATIVIDADE.....	50
33.1. Questão 8.....	50
34. FÍSICA MODERNA: ÁTOMO DE BOHR.....	51
34.1. Questão 9.....	51
35. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	53
REFERENCIAS	54
ANEXO	56

LISTA DE SIGLAS

App	Aplicativo
CA	Computação Algébrica
CAS	Computer Algebra System
MAC	Projeto de Matemática e Computação
MIT	Instituto Tecnológico de Massachussets
ARPA	Agência de Projetos de Pesquisa Avançada
DOE	Departamento de Energia dos Estados Unidos
GPL	Licença Pública Geral
GNU	GNU's Not Unix
FSF	Fundação de Software Livre
LaTeX	Sistema de preparação de documentos que utiliza o conceito de marcação
HTML	HyperText Markup Language (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
MathML	Mathematical Markup Language, é uma linguagem de marcação baseada em XML
%i_	input
%o_	output
Help	Ajuda
TFe	força elástica
Vm	velocidade média
S1	posição inicial
S2	posição final
N	Newton
J	Joule

MÓDULO I: INTRODUÇÃO AO SOFTWARE MAXIMA

Preparamos este módulo com conteúdo onde você vai encontrar tudo o que precisa saber para instalar gratuitamente o programa em seu computador (ou smartphone): os passos necessários para realizar o download do software (ou aplicativo - App) Maxima e noções de como manusear este software, que tem enorme potencial de aplicação e é de grande auxílio na construção do conhecimento científico (matemático) pelo professor e/ou aluno, quando utilizado em sala de aula.

1. Introdução

A Computação Algébrica (CA) trata-se de um sistema de manipulação de símbolos matemáticos, que permite um fácil e rápido desenvolvimento de programas matemáticos, através de um repositório vasto de funções e operações, tendo o computador como principal ferramenta mediadora (ALVES, *et al.*, 2002, p. 201). Dentre os programas, softwares ou aplicativos (App) gratuitos mais conhecidos usados tanto em pesquisas científicas quanto para o ensino de ciências e matemática na sala de aula podemos citar: Modellus, Geogebra e Maxima (AMORIM, 2018). Eles permitem aos usuários criar modelos dinâmicos e interativos que auxiliam na visualização de teorias abstratas, tornando o processo de aprendizagem mais envolvente e eficaz.

Atualmente, o uso deles na sala de aula vem auxiliando o professor de forma significativa na construção do conhecimento dos alunos, pois permite que estes tenham maior acesso e domínio de conceitos abstratos e da linguagem matemática (ANTÔNIO; ANTÔNIO, 2023, P. 1), e conseqüentemente, tornando a matemática mais fácil de ser ensinada e aprendida o que permitindo compreender melhor os princípios fundamentais da física, ciências, entre outras.

Em especial, o software Maxima é um sistema de CA de código aberto que pode ser usado como uma ferramenta valiosa no ensino de ciências para estimular a resolução de problemas, o pensamento crítico e a criatividade, preparando os alunos para enfrentar os desafios do mundo científico e tecnológico. Assim, é possível integrar o Maxima ao currículo de ciências para criar uma experiência de aprendizado enriquecedora e inovadora. A utilização deste software contribui significativamente para a criação de conhecimento, pois permite aos alunos adquirir uma linguagem que facilita a compreensão da matemática, o que promove não só a reflexão, mas também a observação, e a comunicação significativa, melhorando as competências linguísticas científicas (SABINO; CAMPOS; TORRES, 2019).

Portanto, é necessário que os professores tenham competência no uso de tal tecnologia em sala de aula, pois a utilização desta ferramenta tecnológica como auxílio na prática pedagógica melhora significativamente a aprendizagem (ALVES, *et al.*, 2002).

2. Objetivos

- Introduzir noções e comandos básicos do software Maxima para auxiliar e estimular alunos e professores (atuantes da educação básica, em formação inicial e continuada) em sala de aula e aplicá-las em diversos contextos científicos;
- Realizar um levantamento bibliográfico da CA com software Maxima (2016-2024);
- Tornar o software Maxima como uma ferramenta tecnológica eficaz no ensino de Ciências/Física por meio de atividades interativas;
- Fazer a divulgação científica do livro, trabalhos e atividades realizadas com o software Maxima no ensino de Ciências/Física via Instagram.

3. Vantagens ao utilizar o Software Maxima

- Instalação gratuita, diferente dos softwares Maple e Mathematica, que precisam de uma licença, são software semelhante ao Maxima, porém precisa obter licença para o uso o que impõem limitações a seu acesso por instituições com baixo recursos financeiros;
- Eficiência computacional comparável aos softwares Maple e Mathematica;
- Adotado em várias disciplinas do Ensino Superior, por ser facilmente de utilizado por professores e alunos e possui compatibilidade com múltiplas plataformas, como Android, Linux e Windows;
- Atualmente, encontra-se disponível a versão em português, o que facilita ainda mais o acesso e uso, possibilitando assim uma melhor compreensão do software.
- Fácil e rápido acesso para desenvolver programas matemáticos, através de um repositório vasto de funções e operações;
- Estrutura lógica que possibilita adaptação do sistema à nossa necessidade de programação deixando as aulas, trabalhos e reuniões entre pesquisadores e professores ainda mais interativa;
- Animação gráfica deixa as aulas mais divertidas e envolventes;
- Permite fazer testes de rotina de acordo com a realidade e ter respostas em um curto intervalo de tempo;
- Aumenta a compreensão dos conteúdos abordados;
- Excelente material traduzido para o português;
- Ferramenta 'Gnuplot Graph' para gerar gráficos em 2D e 3D;
- Animações no formato GIF tornam o processo de ensino-aprendizagem mais dinâmico diferente da que encontramos em livros-texto, como destaca:

De Oliveira (2023), usou o pacote Draw do software Maxima para criar GIFs a fim de demonstrar que este recurso pode ser utilizado tanto na pesquisa quanto na aplicação em diversas áreas de ensino, especialmente no ensino de ciências, através de simulações de soluções de problemas de condução de calor em 1-D.

4. Histórico

O Maxima é um sistema de álgebra computacional (Computer Algebra System - CAS) escrito na linguagem Common Lisp que funciona em multiplataformas (Windows, Linux, Android, etc.) e inspirou outros sistemas similares como o Maple (1982) e Mathematica (1988). Ele foi criado pelo Grupo Macsyma como parte do projeto de Matemática e Computação (MAC), no Instituto Tecnológico de Massachussets (MIT), financiado pela Agência de Projetos de Pesquisa Avançada (ARPA) do Departamento de Defesa dos EUA e pela National Science Foundation, na década de 1960, originalmente chamado de Macsyma, e desenvolvido para computadores desktop DEC-PDP-10s, usados por várias universidades. Em 1982, o MIT enviou o código fonte do Macsyma para o Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE) e decidiu comercializar o Macsyma na versão Macsyma DOE, mas não conseguiu competir com outros CAS.

O professor William Schelter, da Universidade do Texas, manteve o código fonte por muito tempo. Porém, ele só obteve a licença de software livre, em 1998, segundo a definição criada pela Free Software Foundation, é qualquer programa de computador que pode ser instalado, explorado e distribuído sem qualquer restrição. Ele obteve a permissão do Departamento de Energia para colocar disponível o código fonte do Macsyma DOE sob a Licença Pública Geral (GPL) para software no âmbito do projeto GNU (1988) da Fundação de Software Livre (FSF) e em 2000 ele iniciou o projeto MAXIMA no SourceForge para manter e desenvolver o Macsyma DOE, agora chamado MAXIMA. Após sua morte em 2001, um grupo de 27 voluntários de vários países continuou a desenvolver o código e documentação do Maxima, usando o servidor SourceForge.

5. Download e Instalação do Programa Maxima

As várias versões inclusive a mais recente do software Maxima no sistema operacional Windows pode ser feito download (descarregado) através da página oficial,

<https://www.>

clikando no ícone do link.

Para descarregar o App MAXIMA, no android, clique na caixa de link.

<https://www.>

Também pode ser visto na Figura 1 (a) software livre e (b) App para Android.

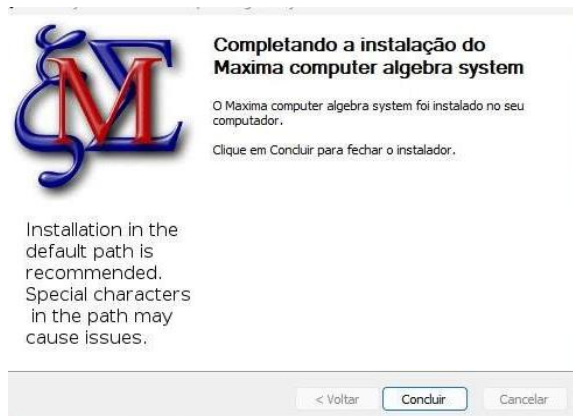
Figura 1 - Print da página principal do Maxima (a) Software no Google e (b) App no Play Store.



Fonte: <https://maxima.sourceforge.io/pt/index.html> e <https://maxima-on-android.br.uptodown.com/android> (2021).

Após instalar gratuitamente o programa Maxima, prossiga com a instalação, seguindo as orientações apresentadas na tela, nesta janela o assistente de instalação do programa, informará que o Maxima foi instalado, mais precisa ser completada a instalação, para isso basta clicar no botão concluir, ver a Figura 2.

Figura 2 – Completando a instalação do software Maxima no Windows.

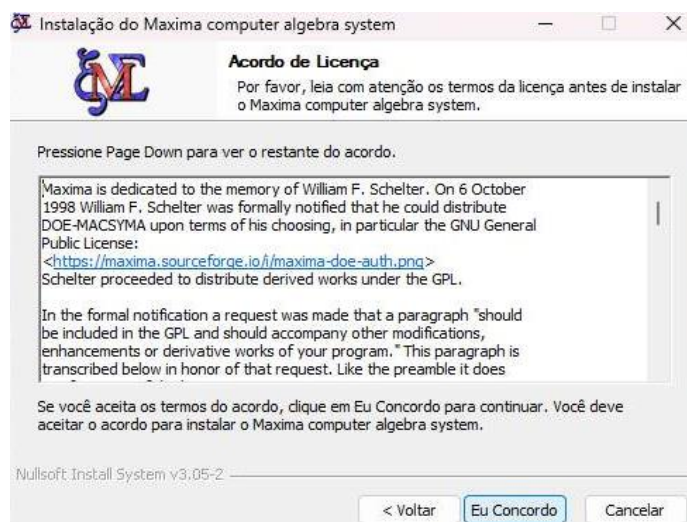


Fonte: Assistente de instalação (2021).

6. Passo a passo da instalação

Logo após, clicando em “Concluir” o software Maxima irá mostrar uma janela com os termos e licença. Antes de prosseguir com a instalação, se você pretende continuar deve clicar no botão “eu concordo”, como pode ser visto na Figura 3.

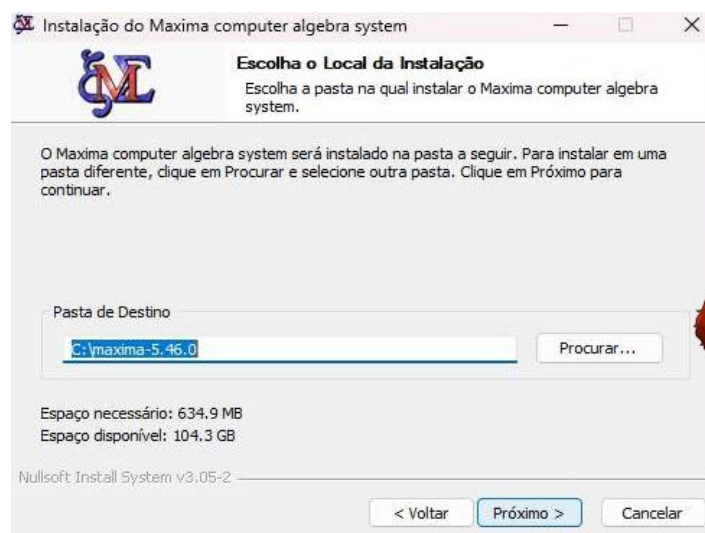
Figura 3 – Janela que mostra o acordo de licença do software Maxima no Windows.



Fonte: Assistente de instalação (2021).

A seguir o assistente de instalação do software Maxima abrirá uma janela na qual será necessário que você escolha um local para criar uma pasta para que o programa seja instalado, ver Figura 4.

Figura 4 – Crie uma pasta para instalar o software Maxima no Windows.



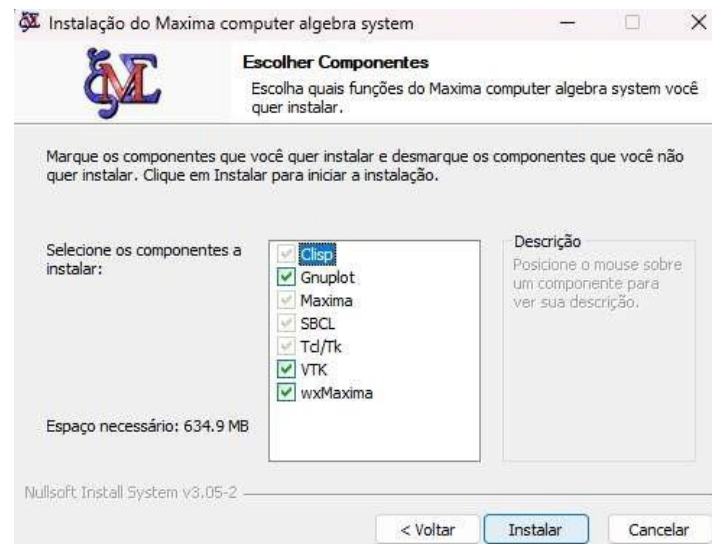
clique no ícone e acesse ao vídeo Instalação do wxMaxima no Windows André Meneghetti



Fonte: Assistente de instalação (2021).

O próximo passo é o mais importante, para escolher as funções do Maxima que você quer instalar. Para isso, deve marcar os componentes Gnuplot, WxMaxima e Maxima. Feito isso, clique em instalar, ver Figura 5.

Figura 5 – Escolha dos componentes para instalação no Windows.



Fonte: Assistente de instalação (2021).

Optamos em escolher o WxMaxima porque é uma interface mais sofisticada do Maxima, baseada no WxWidgets. Aqui, é possível produzir trabalhos com textos e fórmulas inserindo capítulos, seções e subseções. Após clicar em instalar, aguarde até que a instalação do WxMaxima seja concluída completamente, ver Figura 6.

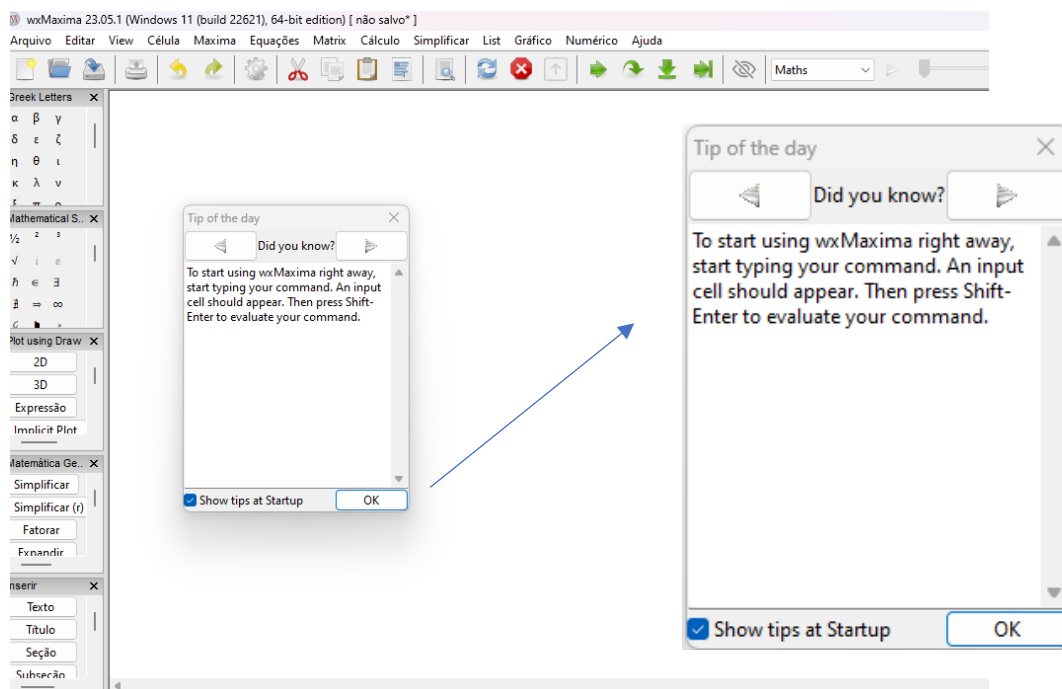
Figura 6 - Janela de instalação do software Maxima com o WxMaxima no Windows.



Fonte: Assistente de instalação (2021).

Caso interrompa, o programa não abrirá. Uma vez instalado, o Maxima estará pronto para uso. Ao abrir, mostrará a seguinte janela WxMaxima, ver Figura 7:

Figura 7 - Área de trabalho do WxMaxima no Windows.



Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2022).

No Ambiente de Trabalho são impressos todos os comandos digitados e resultados obtidos durante a utilização da seção.

7. WxMaxima

WxMaxima é uma interface gráfica de usuário que fornece todas as funcionalidades, flexibilidade, exibição gráfica e muitos recursos que facilitam o trabalho com o Maxima. O WxMaxima permite exportar o conteúdo de qualquer célula (ou fórmula) como texto, LaTeX ou especificação MathML com um simples clique com o botão direito. Na verdade, uma pasta de trabalho inteira pode ser exportada como um arquivo: HTML ou LaTeX.

A documentação do WxMaxima, incluindo pastas de trabalho para ilustrar aspectos de seu uso, está disponível no site de ajuda do WxMaxima, bem como através do menu de ajuda em sua área de trabalho podendo ser acessada com um simples toque na tecla “F1”, rapidamente o Maxima nos mostra uma janela de ajuda, para pesquisas mais detalhadas e rápidas que te leva a um tutorial sobre o Maxima, ver Figura 8.

Figura 8 - Janela de ajuda do WxMaxima**WxMaxima**

- [The wxMaxima user manual](#)
- [1 Introduction to wxMaxima](#)
 - [1.1 Maxima and wxMaxima](#)
 - [1.1.1 Maxima](#)
 - [1.1.2 WxMaxima](#)
 - [1.2 Workbook basics](#)
 - [1.2.1 The workbook approach](#)
 - [1.2.2 Cells](#)
 - [1.2.3 Horizontal and vertical cursors](#)
 - [1.2.4 Sending cells to Maxima](#)
 - [1.2.5 Command autocompletion](#)
 - [1.2.6 Side Panes](#)
 - [1.2.7 MathML output](#)
 - [1.2.8 Markdown support](#)
 - [1.2.9 Hotkeys](#)
 - [1.2.10 Raw TeX in the TeX export](#)
 - [1.3 File Formats](#)
 - [1.3.1 .mac](#)
 - [1.3.2 .wxm](#)
 - [1.3.3 .wxmx](#)
 - [1.4 Configuration options](#)
 - [1.4.1 Default animation framerate](#)
 - [1.4.2 Default plot size for new maxima sessions](#)
 - [1.4.3 Match parenthesis in text controls](#)
 - [1.4.4 Don't save the worksheet automatically](#)

Fonte: WxMaxima(2022).

Dentro deste tutorial, traz uma breve introdução sobre o WxMaxima. Além disso, você pode traduzir para o português e dispõe de uma vasta biblioteca de funções e operações, permitindo um melhor entendimento de todas as funções e comandos disponíveis e ainda ter acesso a relatos de possíveis erros dentro do programa.

8. Instruções necessárias

Sempre que o Maxima é iniciado, a janela do WxMaxima abre automaticamente, que contém um guia inicial rápido do Maxima em inglês. É importante destacar que, antes de começar a usar o Maxima, precisamos conhecer algumas instruções para que tenha um melhor entendimento do programa. Vamos primeiro explorar alguns comandos básicos de programação do software.

Inicie o Maxima com o comando "Maxima". O que mostrará uma informação de versão e uma linha de comando. Cada linha de comando é finalizada com ponto e vírgula (;) e cada linha é designada por (%in), "n" representa o número de linha. Sempre que terminamos de digitar uma linha de comando, faz-se necessário acionar a tecla "Enter" para que o programa efetue as operações.

Todos os comandos são escritos com letras minúsculas e em inglês. A linha (%i_) indica estado de espera de entrada (input) de dados e a linha (%o_) indica estado de saída (output) de dados.

O Maxima aguardará que você insira um ou mais comandos e expressões separadas por ponto e vírgula (;), exatamente como você faria na linguagem de

programação Maple. Além disso, você pode usá-lo como uma calculadora. Observe a demonstração abaixo na Figura 9:

Figura 9– Operadores Aritméticos no software Maxima.

```
(%i1) 2+3;
(%o1) 5

(%i2) 3*5;
(%o2) 15

(%i3) 6/2;
(%o3) 3




(%i4) 2^2;
(%o4) 4








(%i5) 3-8;
(%o5) -5
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023).

Note que, ao digitar os números e teclar no “Enter”, o Maxima reproduz automaticamente o resultado desta operação.

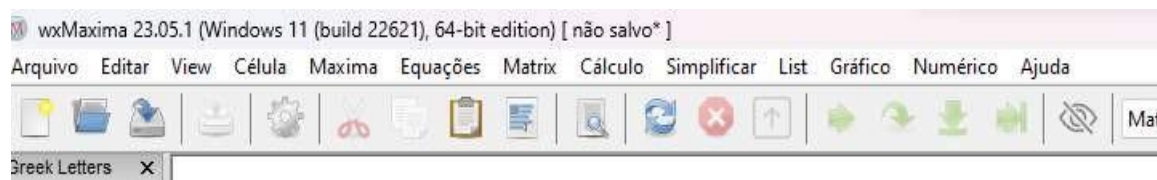
9. Barra de Ferramentas do Maxima

Na barra de ferramentas encontramos os seguintes botões respectivamente: Abrir um novo documento;  Abrir um documento antigo;  Salvar um documento; 

Imprimir um documento;  configurações;  cortar sessão;  copiar sessão;  colar da área de transferência;  selecionar tudo;  localizar e substituir 

O menu principal é formado pelos submenus: Editar; View, Célula, Maxima, Equações, Matriz, Cálculo, Simplificar, List, Gráfico, Numérico e Ajuda, ver Figura 10.

Figura 10 - Barra de ferramentas do WxMaxima.



Fonte: WxMaxima (2023).

10. Salvando e Abrindo Seção

Ao término de um trabalho, podemos salvar a seção na qual digitamos os comandos. Basta, para isso, clicar em Menu, Arquivo, Salvar e, em seguida, escolher o nome para o arquivo na janela subsequente. Assim, quando for usar o documento, basta abri-lo na guia Abrir um Arquivo.

11. Comando help

O comando “help”, ao ser digitado na área de trabalho do WxMaxima, fornece informações sobre funções específicas e é utilizado ainda para acessar a documentação interna do Maxima. Ele fornece ajuda e descrições detalhadas sobre o uso de funções, variáveis e comandos dentro do ambiente do Maxima. Ao usar o comando “help”, você pode aprender mais sobre como usar corretamente as funcionalidades disponíveis e entender os parâmetros que uma função específica aceita. Por exemplo, se você quiser saber mais sobre a função “integrate” (usada para calcular integrais), você pode digitar: `help(integrate);`

O comando “help” é uma ferramenta valiosa para explorar e entender as capacidades do Maxima, especialmente quando você está trabalhando com funções menos familiares ou deseja esclarecer dúvidas sobre como usar determinadas características do software.

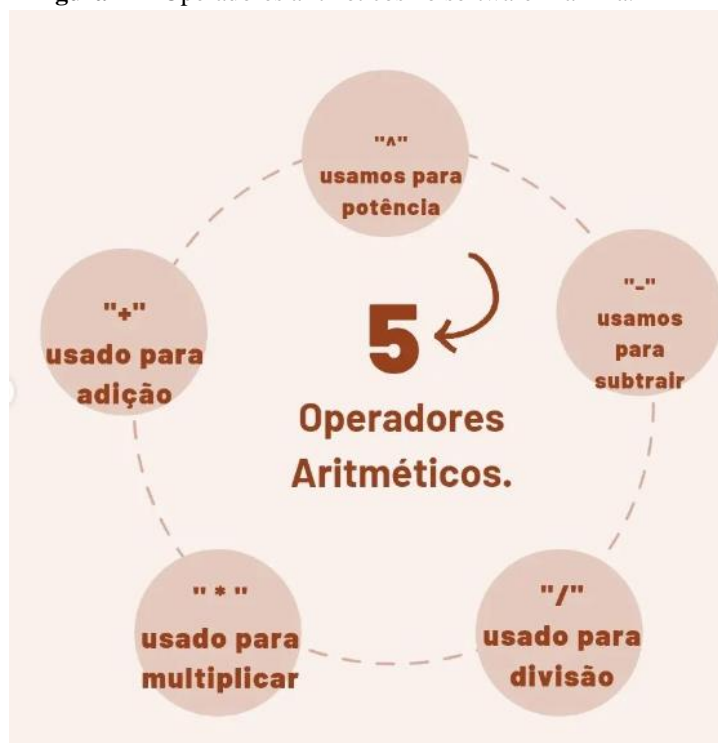
MÓDULO II: FUNÇÕES BÁSICAS E CONSTANTES COM MAXIMA

Neste módulo, propomos conteúdos sobre como definir funções básicas de forma simples, ensinamos como utilizar as operações aritméticas, raiz quadrada, o comando factor, solve e expand, obter constantes, manipular listas, resolver questões, matrizes além de plotagem gráfica em 2-D e 3-D, e animações em formato gif.

12. Funções Básicas

Podemos usar o Maxima como uma calculadora que realiza operações numéricas com os seguintes operadores aritméticos, ver Figura 11:

Figura 11 - Operadores aritméticos no software Maxima.



Fonte: Página do Instagram- Construção-do-saber-científico (2022).

13. Operadores aritméticos

As operações básicas funcionam da seguinte forma, basta digitar os números e inserir o sinal de “+” para somar, “*” para multiplicar, e “/” para divisão, ver Figura 12:

Figura 12 - Operadores com soma, multiplicação e divisão de números no software Maxima.

Fonte: Realizado pelo autor no WxMaxima (2024).

```
(%i1) 20+10;
```

```
(%o1) 30
```

```
(%i2) 20·10;
```

```
(%o2) 200
```

```
(%i3) 20/10;
```

```
(%o3) 2
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2022).

A manipulação de expressões matemáticas usando operadores no Maxima é bastante flexível, permitindo uma realização de cálculos simbólicos. Aqui estão alguns exemplos de manipulação comuns usando operadores no Maxima, ver Figura 13:

Figura 13 - Operadores aritméticos com letras e números no software Maxima.

```
(%i5)  A:20;
(%o5)  20

(%i6)  B:10;
(%o6)  10

(%i7)  A+B;
(%o7)  30

(%i8)  A*B;
(%o8)  200

(%i9)  A-B;
(%o9)  10

(%i10) A/B;
(%o10) 2
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2022).

14. Raiz Quadrada:

Para obter a raiz quadrada do número 9 basta digitar na área de trabalho do Maxima o número e o comando: `sqrt(numero)`, ver Figura 14.

Figura 14 – Simulação com Raiz quadrada.

```
(%i11) 9;
(%o11) 9

(%i12) sqrt(9);
(%o12) 3
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024).

15. Função factor

O Maxima usa o comando "factor" para fatorar expressões algébricas. Essa função é útil quando se deseja expressar uma expressão matemática como o produto de fatores, simplificando-a para uma forma mais compacta.

A sintaxe básica da função “factor” envolve a passagem da expressão que se deseja fatorar como argumento. Aqui está um exemplo simples:

```
factor(x^2 + 2*x + 1);
```

A fatoração de um número inteiro em fatores primos é um problema difícil de resolver para números com muitos algarismos significativos. Podemos realizar este procedimento com o Maxima, ver Figura 15.

Figura 15 – Simulação com o comando factor.

```
(%i14) factor(x^2 + 2*x + 1);
(%o14) (x + 1)^2
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024).

16. Função solve

No Maxima, podemos resolver equações ou sistemas de equações usando a função “solve”. É uma ferramenta poderosa para encontrar soluções analíticas para expressões algébricas. A sintaxe básica da função “solve” envolve a passagem da equação ou sistema de equações como argumento. Similar ao software Maple.

Exemplo: solve($x^2 - 4 = 0$, x); ver Figura 16.

Figura 16 – Simulação com o comando solve.

```
(%i13) x^2-4=0;
(%o13) x^2 - 4 = 0

(%i14) solve(x^2 - 4 = 0);
(%o14) [x = -2, x = 2]
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

17. Função expand

A função “expand” é usada para expandir expressões algébricas. Ela é útil quando se deseja expandir produtos de fatores, simplificar polinômios ou realizar outras manipulações algébricas para obter uma forma mais detalhada ou simplificada da expressão. Exemplo no Maxima: expand((x + 2)*(x - 1)); ver Figura 17.

Figura 17 – Simulação com o comando `expand`.

```
(%i2) expand((x + 2)·(x - 1));
(%o2) x2+x-2
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

A expressão acima representa o produto de dois binômios. Ao usar a função “`expand`”, o Maxima realiza a multiplicação e simplificação, resultando na expressão expandida $x^2 + x - 2$.

18. Constantes

O Maxima dispõe de uma vasta biblioteca de constantes (*pi*, *gamma*, *e*, etc.) e funções que podem ser utilizadas diretamente, ver Figura 18.

Figura 18 – Biblioteca com as constantes *pi* (π).

```
(%i12) %pi;
(%o12)  $\pi$ 

(%i13) %gamma;
(%o13)  $\gamma$ 

(%i14) %e;
(%o14)  $e$ 
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Alguns valores pré-definidos no Maxima são as chamadas constantes. É o caso dos valores: π , Γ , e , que são executados com os comandos: `%pi`, `%gamma` e `%e`, respectivamente. Ao digitar estes comandos notamos que o Maxima executa o comando e retorna apenas o símbolo que representa a constante, não retorna o valor real da constante. Para que o Maxima exiba o valor real da constante requerida, deve-se utilizar o comando “`numer`”, ver Figura 19.

Figura 19 – Valor numérico das constantes π (π).

```
(%i1)  %pi, numer;
(%o1)  3.141592653589793

(%i4)  %gamma, numer;
(%o4)  0.5772156649015329

(%i5)  %e, numer;
(%o5)  2.718281828459045
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

O App Maxima pode efetuar cálculos com precisão muito alta. Por exemplo, calcular o valor de π com precisão de 60 dígitos. Para isso, devemos usar o comando “fpprec” informando o número de dígitos desejado e, em seguida, o comando “bfloat”, e entre parênteses devemos inserir “%pi”.

Figura 20 – Valor numérico das constantes π (π).

```
(%i15)  fpprec:60;
(%o15)  60

[ (%i17)  bfloat(%pi);
  (%o17)  3.141592653589793b0
```

Saiba Mais!

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima(2023)

19. Como gerar listas

Para o Maxima, uma lista é uma série de objetos entre colchetes, separados por vírgulas e pode ser gerada pelo seguinte comando “makelist”. Para isso, você primeiro deve dizer ao Maxima como se fosse definir uma função, então devemos digitar na área de trabalho do Maxima da seguinte forma: makelist (expr,i,i1,i2) - gera uma lista avaliando expr para $i1 \leq i \leq i2$, ver Figura 21.

Figura 21 – Lista via comando makelist no Maxima.

```
(%i4) makelist=(expr,i,i1
,i2);
(%o4) makelist = i2

→

(%i5) l1=makelist(i,i,1,30);
(%o5) l1 = [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30]
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2021)

19.1. Manipulação de listas

Para ainda manipular uma lista, usaremos os seguintes comandos:

Por exemplo, aplica-se o operador “apply” na lista L através do comando “Apply (por L)”, ver Figura 22.

Figura 22 – Manipulação de lista via comando Apply no Maxima.

```
(%i22) apply("*", makelist(i^2,i,1,20));
(%o22) 5919012181389927685417441689600000000

(%i23) apply("+", makelist(i^2,i,1,20));
(%o23) 2870

(%i25) apply("-", makelist(i^2,i,1,20));
(%o25) - 2868
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2021)

Com o comando “Append(L1, L2, ..., Ln)”, podemos juntar as listas L1, L2, ..., Ln, ver Figura 23.

Figura 23 – Junção de listas via comando Append no Maxima.

```
append([a,b,c,d,e,f,g,h],[1,2,3,4,5,6],[x^2,y,3-z,w]);
[ a, b, c, d, e, f, g, h, 1, 2, 3, 4, 5, 6, x2, y, 3 z, w ]
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2021)

20. Matrizes

Podemos gerar uma matriz com o Maxima usando o seguinte comando: `matrix([a11, a12, a1m])`, que gera uma matriz $n \times m$. Além disso, podemos usar os

operadores aritméticos para operar com as matrizes. O produto entre matrizes será efetuado com o ponto, ver Figura 24.

Figura 24 – Criação e manipulação de matrizes via comando matrix no Maxima.

```

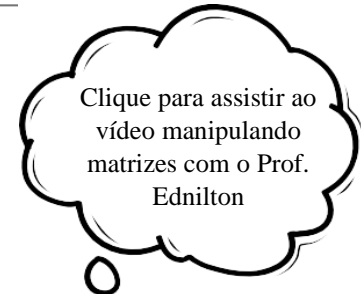
→ A: matrix([3,4,0],[6,0,-2],[0,6,a]);
(%o3) 
$$\begin{pmatrix} 3 & 4 & 0 \\ 6 & 0 & -2 \\ 0 & 6 & a \end{pmatrix}$$


→ B: matrix([1,4,5],[3,2,-6],[0,8,b]);
(%o4) 
$$\begin{pmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 3 & 2 & -6 \\ 0 & 8 & b \end{pmatrix}$$


→ A+B;
(%o13) 
$$\begin{pmatrix} 4 & 8 & 5 \\ 9 & 2 & -8 \\ 0 & 14 & b+a \end{pmatrix}$$


→ A·B;
(%o5) 
$$\begin{pmatrix} 3 & 16 & 0 \\ 18 & 0 & 12 \\ 0 & 48 & a b \end{pmatrix}$$


```



Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2021)

20.1. Matrizes interativas

É possível definir uma matriz de forma bastante interativa, utilizando o comando “entermatrix” e também a ordem da matriz, após isso aparecerá o seguinte comando: “Row 1 Column 1”, ver Figura 25.

Figura 25 – Definição interativa e ordem de uma matriz via comando entermatrix no Maxima.

```
(%i7) entermatrix (2,3) /* Definir a ordem da matriz */;
```

```
Row 1 Column 1: 1/3; Row 1 Column 2: 5; Row 1 Column 3: %pi; Row 2 Column 1: 2^2; Row 2 Column 2: 1; Row 2 Column 3: 3;
Matrix entered.
```

```
(%o7) 
$$\begin{pmatrix} \frac{1}{3} & 5 & \pi \\ 4 & 1 & 3 \end{pmatrix}$$

```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

As palavras “Row 1” e “Column 1”, indicam linha e coluna, respectivamente. Em sequência, basta adicionar os números que desejar em sua matriz.

21. Definindo uma função

Além das funções padrão da biblioteca do Maxima, temos a capacidade de criar novas funções personalizadas. Usando o operador de atribuição “:=” para criar funções, as variáveis são colocadas entre vírgulas. Quando usamos Maxima, podemos definir uma função e chamar qualquer nome, neste caso iremos chamar de “f(x)” para quando for utilizar uma variável, e “h(x,y)” para duas variáveis e a partir disso podemos resolver operações com tais funções. Além disso, também podemos resolver a operação usando o comando “solve”, ver Figura 26.

Figura 26 – Definindo e resolvendo uma função no Maxima.

Saiba Mais

```
(%i3) "f(x):= é uma função de apenas uma variável, x";
(%o3) f(x):= é uma função de apenas uma variável, x

(%i4) "h(x,y):= é uma função de duas variáveis, x e y";
(%o4) h(x,y):= é uma função de duas variáveis, x e y

(%i5) f(x):=x^2+2·x-1;
(%o5) f(x):=x2+2x-1

(%i6) h(x,y):=2·x+y;
(%o6) h(x,y):=2x+y
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023).

Estes são apenas exemplos básicos. O Maxima permite uma ampla gama de manipulações, incluindo simplificações, resolução de equações, cálculos diferenciais e integrais, entre outros.

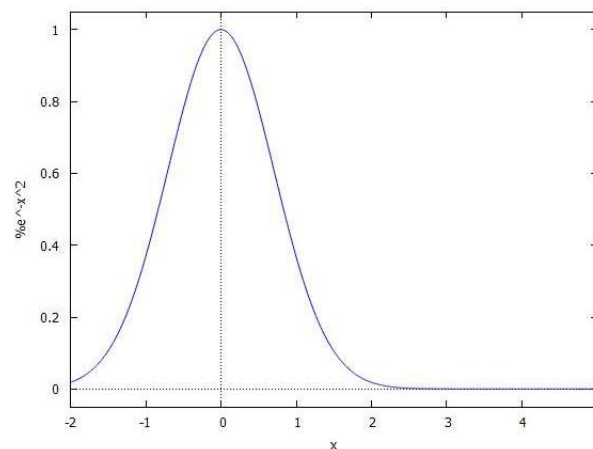
22. Gráficos em duas dimensões

Para construir gráficos em duas dimensões devemos usar o comando `plot2d([f(x1), f(xn)], [x, a, b], [y, c, d])`, sendo: $f(x_1), \dots, f(x_n)$ são funções de uma variável; e $[x, a, b]$ é o intervalo de variação da variável x ; $[y, c, d]$ é o intervalo de variação da variável y . $[a, b, c, d]$ devem ser números que pertençam ao conjunto dos números Reais. As opções servem para obter o efeito desejado em cada gráfico como, por exemplo, cor, escala, estilo entre muitas outras opções. As variações de x e y não são por exemplo, cor, escala, estilo entre muitas outras opções. As variações de x e y não são

obrigatórias. Podemos colocar apenas os valores de x , dependendo do gráfico o software escolhe a melhor variação para y .

O Maxima não está habilitado para construir gráficos, ele necessita de um programa externo que realize esta tarefa. A partir do Maxima escolhe-se que tipo de gráfico que queremos e o Maxima se encarregará de comunicá-lo à aplicação gráfica que está ativa. Por padrão, tal aplicativo é o Gnuplot, que é instalado automaticamente quando se instala o Maxima. Veja como se deve inserir o comando para gerar um gráfico e como é possível vê-lo na área de trabalho do Maxima, ver Figura 27.

Figura 27 – Simulação do gráfico 2d no Maxima via comando plot2d.



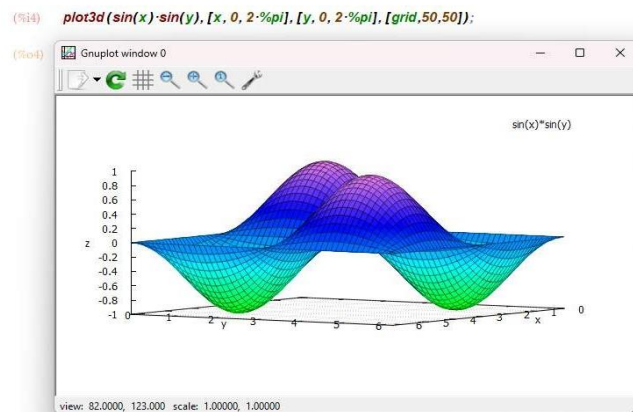
Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023)



23. Gráfico em três dimensões

Atualmente, existem diversas maneiras de criar gráficos 3D no Maxima, no entanto, a interface WxMaxima permite a construção de gráficos em janela separada ou no próprio ambiente WxMaxima, através dos comandos plot3d ou wxplot3d, respectivamente. Para isso basta definir os comandos, ver Figura 28.

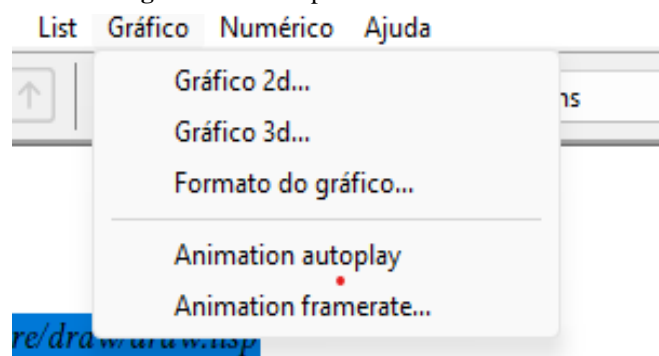
Figura 28 – Simulação do gráfico 3d no Maxima via comando plot3d ou wxplot3d.



Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024).

A interface do WxMaxima permite plotar gráficos em sua barra de ferramentas, tornando-o mais prático e fácil de manipular, onde se pode escolher entre 2d ou 3d e formatos, e ainda animações, ver Figura 29.

Figura 29 – Guia prático do WxMaxima.



Fonte: WxMaxima (2024).

24. Simulações com Maxima

De Oliveira (2023), destaca que o uso de simulações pode contribuir no processo de ensino-aprendizagem, uma vez que a mesma pode permitir a apresentação de fenômenos de formas diferentes das disponíveis no contexto escolar, como por exemplo, em livros. O software Maxima nos traz essa vantagem pelo fato de ser livre e possuir o pacote Draw, o que permite a criação de simulações em formato de GIF.

O comando `with_slider_draw`, é uma versão `wxdraw2d` que prepara vários gráficos e permite alternar entre eles movendo o controle deslizante no topo da tela. WxMaxima permite exportar esta animação como um gif animado.

25. Criando animações em formato de gif

Os dois primeiros argumentos para `with_slider_draw` são o nome da variável que está entre os gráficos e uma lista dos valores dessas variáveis. Os argumentos a seguir são os argumentos comuns para `wxdraw2d`.

Com este comando é possível trabalhar de forma interativa a propagação de ondas. Como frequência e comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais, à medida que a frequência de uma onda aumenta, o comprimento de onda diminui, ver Figura 30.

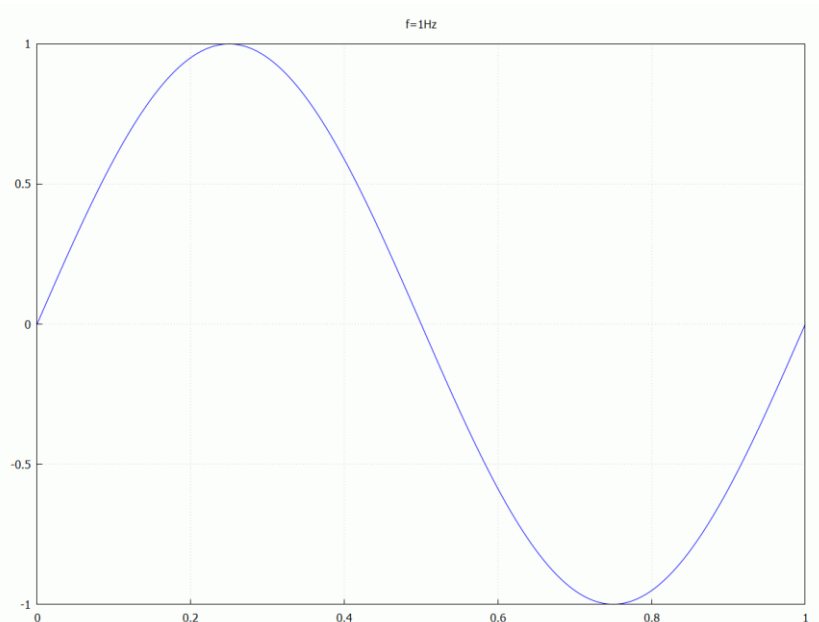
Figura 30 – Comando Gif.

```
(%i2) with_slider_draw(
      f,[1,2,3,4,5,6,7,10],
      title=concat("f=",f,"Hz"),
      explicit(
        sin(2-%pi*f*x),
        x,0,1
      ),grid=true
    );
|
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Após inserir o comando acima, o resultado será exibido na área de trabalho do Maxima. Observe a imagem abaixo que mostram o plot do gif, para que tenha uma melhor visualização do gif em execução, clique no link abaixo, ver Figura 31.

<https://www.>

Figura 31 – Animação via Gif.

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Observe que ao visualizar o gif através do link, percebemos que, à medida que a frequência aumenta o comprimento da onda altera e fica menor.


MÓDULO III: APLICAÇÃO DO SOFTWARE MAXIMA NO ENSINO DE CIÊNCIAS/FÍSICA


Nesta seção, utilizaremos o software Maxima com o intuito de resolver alguns problemas de Física. Abordaremos temas como cinemática e dinâmica de Newton, posição, velocidade média, força, aceleração, trabalho e energia. Aplicando o conhecimento adquirido ao longo deste e-book e utilizando alguns comandos-chave do software, demonstraremos a praticidade e eficácia nas soluções. No entanto, ainda hoje, há uma escassez bibliográfica sobre a utilização e aplicação deste software como manipulador algébrico e de simulação gráfica. Por isso, é importante mencionar, que o Maxima vem sendo adotado nas disciplinas de Física no ensino superior (SABINO, et. al 2019). Como pode ser visto no canal do YouTube do Prof. Ednilton (<https://www.youtube.com/@Prof.Ednilton>) da UFPA.


26. Aplicações do software Maxima no Ensino de Ciências

Software Maxima vem sendo muito utilizado para a elaboração de recursos digitais para o Ensino de Física, que além de ser uma ferramenta poderosa para a pesquisa em Física teórica, essa ferramenta computacional tem se tornado cada vez mais útil para se trabalhar com o Ensino de Ciências/Física, tanto para no nível de ensino básico, quanto para no nível de graduação (DE OLIVEIRA, 2023).

A Computação Algébrica (CA) vem se tornando cada vez mais popular no ensino de Ciências/Física, como destaca Sabino et al (2019), que em seu trabalho que utilizou a CA por meio do software Maxima também como ferramenta para produzir animações gráficas sobre a evolução estelar no ensino de astrofísica como uma forma de facilitar o entendimento dos alunos.

A CA também esteve presente no trabalho de (DE OLIVEIRA, 2023) que aplicou o software Maxima no Ensino de Física utilizando o exemplo de solução numérica da equação de condução de calor unidimensional (1d). Com auxílio da ferramenta Draw, a qual permite criar GIFs dentro do programa, tornando as aulas interativas e permitindo o melhor entendimento. 

Alves, Amaral e Neto (2002) utilizaram a CA por meio do MAPLE como ferramenta de aprendizagem em um curso básico de teoria eletromagnética no ensino de transferência de calor. 

Villate (2020) fez uso do software Maxima em um livro de Exercícios Resolvidos de Dinâmica e Sistemas Dinâmicos, no qual apresenta uma proposta de resolução de problemas em alguns casos utiliza-se CA via Maxima. 

Tendo visto anteriormente os comandos básicos do Maxima, agora é hora de resolver algumas atividades voltadas para o assunto de cinemática e dinâmica.

27. Definido a expressão da segunda lei de Newton:

Para definir a função, neste caso usaremos $F_r(m, a)$ para definir a fórmula matematicamente, “ F_r ” que será a força resultante, “ m ” representará a massa de um objeto, e “ a ” representa a aceleração, na área de trabalho do Maxima será exibido da seguinte forma, veja a Figura 32.

Figura 32 – Definindo a Força resultante no Maxima.

```
(%i14) "F_r= é a força resultante que atua sobre o objeto";
      "m= é a massa de um objeto";
      "a= é a aceleração do objeto";

(%o12) F_r= é a força resultante que atua sobre o objeto
(%o13) m= é a massa de um objeto
(%o14) a= é a aceleração do objeto

(%i15) F_r(m,a):=m*a;
(%o15) F_r ( m, a ) := m a
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023)

Uma vez definida a função com base na expressão matemática da 2ª Lei de Newton, é possível resolver a questão a seguir.

28. Resolução de atividade usando Maxima

28.1. Questão 1

Um corpo de massa igual a 15 kg move-se com aceleração de módulo igual a 3 m/s². Qual o módulo da força resultante que atua no corpo? Comente. Para resolver a questão, basta analisar o que se pede na questão, ver Figura 32 abaixo.

Figura 32 – Determinação da força pela 2ª Lei de Newton no Maxima.

```
(%i19) F_r(m,a):=m*a;
(%o19) F_r ( m, a ) := m a

(%i18) F_r(15,3);
(%o18) 45
```

O módulo da força resultante que atua no corpo é de 45N

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023)

Além disso, podemos adotar o sentido positivo (+) para a direita e o sentido negativo (-) para a esquerda. E assim, quando duas forças no sentido para a direita são aplicadas sobre o mesmo corpo, a força resultante obtida será positiva, ver Figura 33.

Figura 33 – Força resultante de 2 forças de mesmo módulo no sentido para a direita no Maxima.

```
→ "F_r(F1,F2)= é a força resultante que atua sobre um dado sistema";
   "F1= é uma das forças que atua sobre o sistema";
   "F2= é outra força que atua sobre o sistema.";

(%i1) F_r(F1,F2):=F1+F2;
(%o1) F_r ( F1, F2 ) := F1 + F2

(%i2) F_r(A,A);
(%o2) 2 A
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima

Mas quando as forças são aplicadas em sentidos diferentes, observe que a força resultante será nula, ver Figura 34:

Figura 34 – Força resultante de 2 forças de mesmo módulo e sentidos opostos no Maxima.

$$\rightarrow F_r(A, -A);$$

(%o19) 0

Fonte: Realizado pelo autor no WxMaxima (2023)

Agora usando duas forças negativas de mesmo sentido aplicadas sobre um mesmo corpo, a força resultante será negativa, ver Figura 35.

Figura 35 – Força resultante de 2 forças negativas de mesmo módulo e sentidos no Maxima.

$$\rightarrow F_r(-A, -A);$$

(%o20) -2 A

Fonte: Realizado pelo autor no WxMaxima (2023)

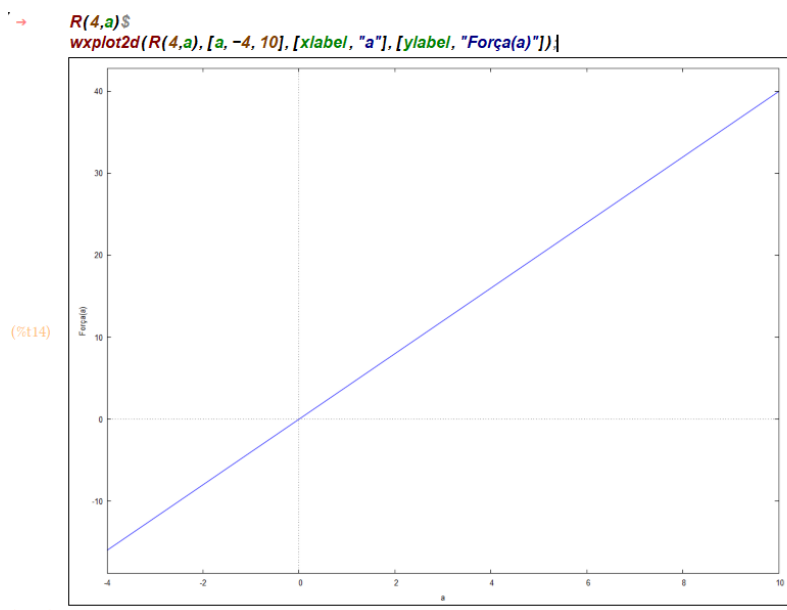
29. Resolução de atividade envolvendo construção de gráfico

29.1. Questão 2

Podemos, ainda a partir das definições anteriores, construir um gráfico da força em função das acelerações diferentes para uma mesma massa (massa constante), para isso usaremos o modelo abaixo para fazer o plot, ver Figura 36:

“wxplot2d(f(x),[x, a, b]);” onde f(x) é uma função, a e b são os limites mínimo e máximo, respectivamente.

Figura 36 - Gráfico da força resultante em função da aceleração, definida como $R(m,a):=m*a$.



Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023)

29.2 Questão 3

A velocidade é uma grandeza que identifica o deslocamento de um corpo num determinado tempo. Usando o programa Maxima, vamos definir a expressão da velocidade média (V_m) em função: espaço final, espaço inicial, tempo final e o tempo inicial. Para tal, iremos especificar na seção de Maxima a função de cada comando. Iniciaremos informando o programa que “ V_m ” representa a velocidade média, “ Δs ” será a variável correspondente ao intervalo de deslocamento (posição final menos posição inicial) e “ Δt ” representará o intervalo de tempo (tempo final menos tempo inicial). Observe a seguir na Figura 37:

Figura: 37 – Manipulação da velocidade média.

$$\begin{aligned} &\rightarrow \Delta s / \Delta t = (s_2 - s_1) / (t_2 - t_1); \\ (\%o25) \quad &\frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \\ &\rightarrow v(s_1, s_2, t_1, t_2) := (s_2 - s_1) / (t_2 - t_1); \\ (\%o26) \quad &v(s_1, s_2, t_1, t_2) := \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \end{aligned}$$

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023)

Uma vez feito isso, podemos aplicar a questão a ser trabalhada dentro do Maxima para determinar a velocidade de um determinado movimento, considerando que, um corpo está no sentido contrário inicialmente (S_1) na posição 2m e para na posição final (S_2) de 0m, em um tempo inicial de 1s e tempo final de 2s. Usando a expressão já definida no programador Maxima. Determine a velocidade desse movimento.

Como já definimos a “ V_m ”, basta adicionar “ V ” e as variáveis respectivamente dentro de parênteses separados por vírgulas, ver Figura 38.

Figura 38 - Manipulação velocidade média 2.

$$\begin{aligned} &\rightarrow v(2, 0, 1, 2); \\ (\%o27) \quad &-2 \end{aligned}$$

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023)

Note que, ao adicionar as variáveis automaticamente o Maxima exibirá a resposta que terá o sentido negativo, tendo em vista que, qualquer movimento de um corpo no movimento de um carro que realiza um movimento uniforme em uma trajetória retilínea,

sua posição inicial é de 40m e a final de 120m, em um tempo inicial de 0s e o tempo final de 4s, ver Figura 39.

Figura 39 – Manipulação da velocidade.

$$v(40,120,0,4);$$

o29) 20

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2023)

Note que, o movimento é progressivo, pois o seu sentido é concordante com o da trajetória e sua velocidade será positiva.

29.3 Questão 4

Um boi arrasta um arado, puxando-o com uma força de 900 N. Sabendo que o trabalho realizado pelo foi de 18000 J, calcule a distância percorrida pelo boi. Para resolver podemos usar o Maxima. Para encontrar o trabalho da força no Maxima, podemos substituir diretamente na fórmula os valores informados. ver Figura 40.

Figura 40 – Determinação do Trabalho de uma força com o Maxima.

$$D=T/F;$$

$$D=\frac{T}{F}$$

T="trabalho dado em joules";
T = trabalho dado em joules

F="força dada em Newtons";
F = força dada em Newtons

D="deslocamento do corpo";
D = deslocamento do corpo

$$D=18000/900;$$

$$D=20$$

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

30. Leis de Newton utilizando o PhET e maxima

Podemos ainda usar a plataforma PhET como um auxílio para permitir uma melhor visualização e compreensão do conteúdo abordado. Para acessar basta clicar no link abaixo, ou digitar na barra de pesquisa do Google “PhET: simulações”, ver Figura 41.

Ao clicar no link abrirá a seguinte janela:



Figura 41 - Página inicial da plataforma PhET colorado



Fonte: Plataforma PhET colorado (2024).

O PhET é uma plataforma virtual de simulações interativas para Ciências e Matemática, que pode ser usada como um laboratório virtual de fenômenos físicos, tornando suas aulas mais divertidas e interativas. A ideia a seguir é observar a simulação da plataforma PhET, “Força e Movimento: Noções Básicas”, para responder às questões utilizando o programador Maxima. Deve-se criar e definir cada força a ser aplicada, de modo a descrever as forças resultantes que afetam o movimento do objeto. As simulações podem ser executadas enquanto estiver conectado à internet ou baixadas e instaladas no computador, podendo ser executadas de maneira offline. No entanto, usaremos a simulação “Cabo de Guerra” e assim fazer uso do programador Maxima para resolver as questões (ver Figura 42).

Figura 42 - Simulação força e movimento no PhET.



Fonte: Plataforma PhET colorado (2024).

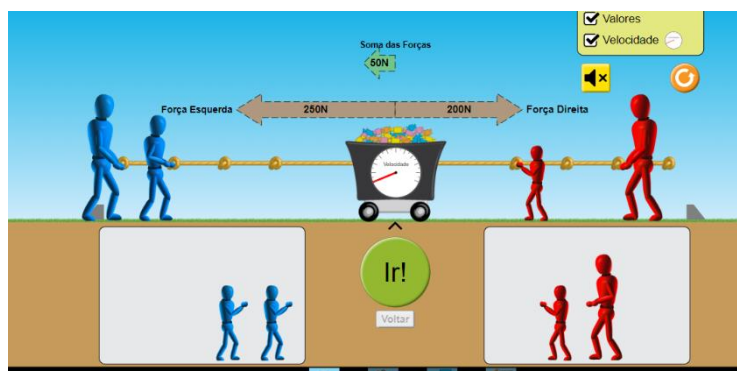
30.1 Questão 5

O primeiro passo é definir cada força a ser aplicada. Para isso, “F” representará todas as forças, e cada força será representada por um nome. As forças aplicadas para a esquerda terão o sentido negativo, com o time azul representado pelas forças de nome Ana, Bia, Carlos e Dênis. As forças aplicadas para a direita serão positivas, com o time vermelho representado pelas forças de nome Eva, Fabi, Gil e Higor. Cada time possui 4 forças, respectivamente, com valores de 50N, 50N, 100N e 150N.

$$F (\text{Ana, Bia, Carlos, Dênis, Éva, Fabi, Gil, Higor}) := -\text{Ana} * 150 - \text{Bia} * 100 - \text{Carlos} * 50 - \text{Dênis} * 50 + \text{Éva} * 150 + \text{Fabi} * 100 + \text{Gil} * 50 + \text{Higor} * 50;$$

Quando duas forças de 150N e 100N são aplicadas para a esquerda “sentido negativo” para puxar o carrinho, e outras duas forças de 50N e 150N são aplicadas para a direita “sentido positivo”, ver Figura 43.

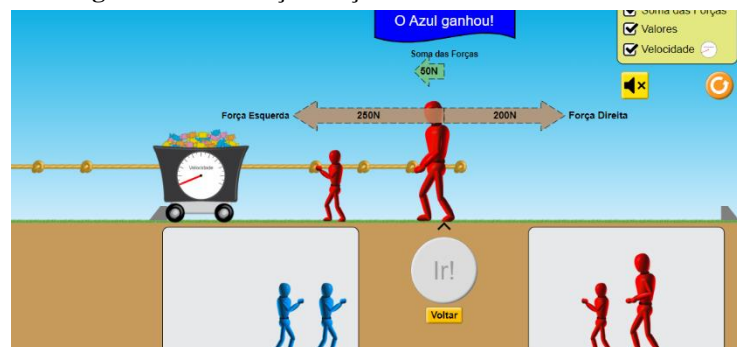
Figura 43 - Simulação força e movimento no PhET.



Fonte: PhET colorado (2024)

Observe, que ao iniciar a simulação o time vencedor é sempre o que tem a maior força sendo exercida.

Figura 44 - Simulação força e movimento no PhET.



Fonte: PhET colorado(2024).

Para cada força aplicada, colocaremos o número “1” e para as que não usamos será “0”. Nesse caso será executado da seguinte forma, ver Figura 44.

Figura 44 – Manipulação da força e movimento no Maxima.

```
(%i7) F(ana,bia,carlos,denis,eva,fabi,gil,higo):=-ana-150-bia-100-carlos-50-denis-50+eva-150+fabi-100+gil-50+higo-50;
F(1,1,0,0,1,0,1,0);
(%o6) F(ana,bia,carlos,denis,eva,fabi,gil,higo):-ana-150-bia-100+-carlos-50+-denis-50+eva-150+fabi-100+gil-50+higo-50
(%o7) -50
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Note que o Maxima trabalha de forma simples e eficaz e que o time azul venceu, e a força resultante é de -50N. Podemos ainda, utilizar o Maxima para observar o que acontece quando todas as forças estejam atuando sobre o carrinho, ver Figura 45.

Figura 45 – Manipulação das forças atuantes no Maxima.

```
→ F(1,1,1,1,1,1,1,1);
(%o33) 0
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

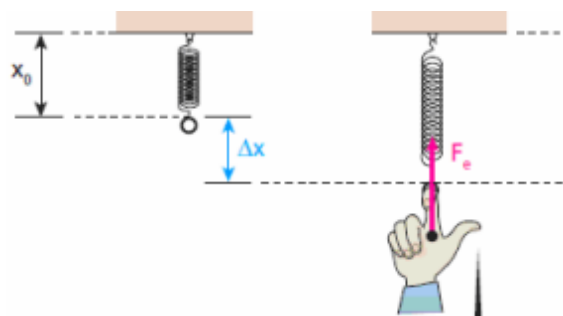
Perceba que o resultado neste caso será sempre nulo, pois as forças atuadas em ambos tem o mesmo peso, porém em sentidos opostos.

31. Trabalho da força elástica

31.1. Questão 6

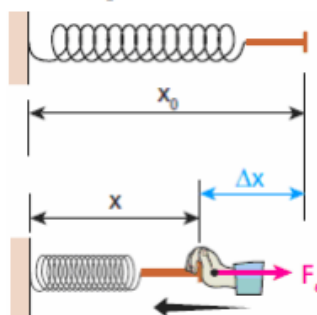
Neste caso adotamos uma mola sendo deformada em regime elástico pela mão de um operador. Nesse caso, a mola e a mão trocam, na região de contato, forças de ação e reação. À medida que a mão do operador é deslocada verticalmente para baixo, provocando alongamento na mola, ela recebe a força elástica (F_e) dirigida verticalmente para cima, ver Figura 46.

Figura 46 - Alongamento ou deformação (Δx) na mola na vertical.



Fonte: Escola de Ensino Fundamental e Médio “Tenente Rêgo”

À medida que a mão do operador é deslocada horizontalmente para a esquerda, provocando compressão na mola, ela recebe a força elástica (T_{Fe}) dirigida horizontalmente para a direita, ver Figura 47.

Figura 47 - Alongamento da mola na horizontal.

Fonte: Escola de Ensino Fundamental e Médio “Tenente Rêgo”

O trabalho da força elástica é motor (+) na fase em que a mola está retornando ao seu comprimento natural e é resistente (-) na fase em que ela é deformada (alongada ou comprimida). Analisaremos o caso em que o homem puxa a extremidade livre de uma mola de constante elástica (K) igual a 1000 N/m e o deslocamento é 20 cm , ou $0,2$. Vamos calcular no software Maxima o trabalho da força elástica da mola sobre a mão do homem, ver Figura 48. Para isso, iremos definir (T_{Fe}) da seguinte forma: $T_{Fe}(k,x):=-(k*x^2)/2$;

Figura 48 – Definindo o trabalho da Força elástica (F_{el}) no Maxima.

$$(\%i7) \quad T_{Fe}(k,x):=-(k*x^2)/2;$$

$$(\%o7) \quad T_{Fe}(k,x):=-\frac{k x^2}{2}$$

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Na fórmula acima, é possível observar a presença de um sinal negativo. Esse sinal diz respeito ao sentido da força elástica, que é sempre oposto à variação de comprimento sofrida pela mola (x). Se essa variação é positiva, a força é negativa, isto é, possui sentido oposto.

Substituindo diretamente na fórmula os valores informados, ver Figura 49.

Figura 49 – Encontrando o trabalho da força elástica (T_{Fe}) no Maxima.

$$(\%i8) \quad T_{Fe}(1000,0.2);$$

$$(\%o8) \quad -20.0$$

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Veja que, o trabalho da força elástica da mola sobre a mão do homem é de -20 J (Joule) e que este trabalho é resistente.

32. Aceleração média com o software Maxima

32.1. Questão 7

Considere o problema de uma partícula com massa igual a 0,2 kg e duas forças agindo sobre ela: $F_1(t) = [(2 * t)\hat{i} - 2\hat{j}]N$ e $F_2(t) = [4\hat{i} + \exp(t)\hat{j}]N$, onde N representa a unidade de medida em Newton e ambas as forças são funções do tempo t . Vamos analisar como a partícula se comporta em termos de aceleração durante os primeiros 60 segundos de movimento.

Para resolver esta questão no Maxima é preciso determinar a força resultante, dada pela soma vetorial das forças F_1 e F_2 , como uma lista de dois elementos. O vetor possui apenas duas componentes, então o primeiro elemento da lista representa o primeiro componente vetorial, designada pelo versor \hat{i} enquanto que o segundo elemento a segunda componente vetorial, o versor \hat{j} , ver Figura 50.

Figura 50 – Soma vetorial de duas forças dependente do tempo no Maxima.

```
(%i1) "F(t)=F1(t)+F2(t);
(%o1) F(t)=F1(t)+F2(t)
```

Que pode ser escrita como:

```
(%i2) F(t):=[2*t-2,4+exp(t)];
(%o2) F(t):=[2*t-2,4+exp(t)]
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

De acordo com a segunda lei de Newton, a aceleração $a(t)$ da partícula é dada pela relação $F_r(t) = ma(t)$, onde m é a massa da partícula (0,2 kg) e $F_r(t) = F(t)$ é a força resultante. A seguir, encontre a aceleração dividindo a força pela massa da partícula, ver Figura 51.

Figura 51 – Encontrando a aceleração em função da força vetorial no WxMaxima.

```
(%i5) a(t):=F(t)/0.2;
(%o5) a(t):= $\frac{F(t)}{0.2}$ 

(%i6) a(t);
(%o6) [5.0(2*t-2),5.0(%et+4)]
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Podemos agora, analisar o comportamento temporal da aceleração da partícula durante os primeiros 60 segundos de movimento. Para tal, podemos usar o Maxima também da seguinte forma, como mostra a Figura 52.

Figura 52 – Encontrando a aceleração nos 60 primeiros segundos no WxMaxima.

```
(%i49) /- Definição das forças F1(t) e F2(t) -/
F1(t) := [2*t, -2]; /- Força F1(t) -/
F2(t) := [4, exp(t)]; /- Força F2(t) -/

/- Massa da partícula -/
m: 0.2; /- kg -/

/- Calculando a força resultante Fr(t) -/
F(t) := F1(t) + F2(t);

/- Calculando a aceleração resultante a(t) -/
a(t) := F(t) / m;

/- Avaliando a aceleração para os primeiros 60 segundos -/
ev(a(60), numer);

(%o44) F1(t) := [2 t, -2]
(%o45) F2(t) := [4, exp(t)]
(m)      0.2
(%o47) F(t) := F1(t) + F2(t)
(%o48) a(t) :=  $\frac{F(t)}{m}$ 
(%o49) [620.0, 5.710036949078422 1026]
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Durante os primeiros 60 segundos de movimento a aceleração na direção \hat{i} aumenta linearmente de 20 m/s^2 a 620 m/s^2 . Já na direção \hat{j} a aceleração varia consideravelmente devido ao crescimento exponencial de $\exp(t)$, podendo se tornar bastante significativa dependendo de t . Portanto, a análise da aceleração da partícula revela um comportamento complexo devido às forças variáveis e ao tempo, especialmente influenciado pelo termo exponencial na força $F_2(t)$.

33. Física Moderna: Relatividade

33.1. Questão 8

realizadas aqui no nosso planeta. A velocidade escalar da astronave é $v = 0,95c$. Qual é a distância entre a Terra e Sirius, conforme medida pelos astronautas em movimento? Sabendo que a distância Terra-Sirius medida da Terra é a distância própria $L_0 = 8,5$ anos luz, determine a distância observada pelo grupo de astronautas em movimento em relação a Sirius.

Para resolver o problema da questão, utilizamos o conceito de contração do comprimento na relatividade restrita. A fórmula da contração do comprimento é dada por

$$L = L_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}. \text{ No Maxima pode ser visto na Figura 53.}$$

Figura 53 – Calculo da distância L via WxMaxima.

```
(%i1) L(c,v,L0):=L0/(1/sqrt(1-v^2/c^2));
(%o1) L(c,v,L0):=

$$\frac{L_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

(%i2) L="comprimento da barra";
(%o2) L = comprimento da barra
(%i3) L0="comprimento próprio";
(%o3) L0 = comprimento próprio
(%i4) y="fator de Lorentz";
(%o4) y = fator de Lorentz
#Insira aqui os dados da questão
(%i5) L(c,0.95*c,8.5);
(%o5) 2.65412414931932
```

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

A distância é aproximadamente 2,7 anos luz, de acordo com o resultado acima.

34. Física Moderna: Átomo de Bohr

34.1. Questão 9

Um átomo de hidrogênio que de alguma forma foi excitado, pode-se observar que um elétron saltou do nível 2 para o nível 3. Em seguida, ele retorna para seu estado inicial $n = 2$, emitindo um fóton. No estado $n = 3$ a energia é $E_3 = -1,51\text{eV}$ e no estado $n = 2$, a energia é $E_2 = -3,40\text{eV}$. Desta forma, podemos calcular a frequência do fóton (f) emitido em Hz via software Maxima, ver Figura 54.

componente vetorial, designada pelo versor \hat{i} enquanto que o segundo elemento a segunda componente vetorial, o versor \hat{j} , ver Figura 51.

Figura 54 – Frequência do fóton via WxMaxima.

(%i18) $E = \text{"energia do fóton"};$

(%o18) $E = \text{energia do fóton}$

(%i19) $\Delta E = \text{"diferença de energia entre E3 e E2"};$

(%o19) $\Delta E = \text{diferença de energia entre E3 e E2}$

(%i15) $f = \text{"frequência do fóton emitido"};$

(%o15) $f = \text{frequência do fóton emitido}$

(%i16) $h = \text{"constante de Planck"};$

(%o16) $h = \text{constante de Planck}$

(%i3) $\Delta E = (E2 - E3);$

(%o3) $\Delta E = E2 - E3$

(%i8) $\Delta E = (-3.40) - (-1.51);$

(%o8) $\Delta E = -1.89$

(%i29) $\Delta E = (-1.89);$

(%o29) $\Delta E = -1.89$

(%i9) $f = E/h;$

(%o9) $f = \frac{E}{h}$

(%i17) $f = (1.89/4.1 \cdot 10^{15});$

(%o17) $f = 4.6097560975609756 \cdot 10^{14}$

Fonte: Realizado pelos autores no WxMaxima (2024)

Como houve emissão de energia pelo átomo, esse espectro recebe o nome de espectro de emissão e $f = 4,609 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 0,4609 \cdot 10^{15} \text{ Hz}$.

35. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este livro é baseado em um levantamento bibliográfico a respeito do uso do software Maxima no ensino de Ciências/Física. Podemos perceber que o mesmo possui uma grande potencialidade para ser utilizado no ensino de forma eficaz, basta aprender essa ferramenta, para manipular cálculos de expressões matemáticas, o que possibilita que o indivíduo compreenda as operações envolvidas.

Vimos ainda que, com a Computação Algébrica (CA), a possibilidade de realizar cálculos de forma simples e complexa usando gráfico de forma interativa e rápida, faz com que possamos explorar diversas situações de um mesmo assunto em tão pouco tempo.

Posteriormente, propomos soluções de questões de Física, fazendo uso do software Maxima. Tais exemplos podem ser utilizados para facilitar o entendimento em relação aos assuntos de difícil compreensão.

É notório que essa ferramenta poderosa pode auxiliar o professor quando o mesmo utilizar a CA no ensino de ciências. Os exemplos apresentados ilustram o potencial do software Maxima na criação de recursos digitais para o ensino de Ciências/Física.

Os professores têm a capacidade de manipulá-lo conforme a realidade de seus alunos em sala de aula, além de poderem integrá-los em plataformas digitais comuns no processo de ensino-aprendizagem, como: apresentações de slides, formulários online, etc. É importante ressaltar que isso requer uma maior eficiência computacional de ambas às partes. No entanto, essa eficiência costuma vir acompanhada de uma maior complexidade nos códigos, algo que pode ser atenuado com o uso de sistemas de álgebra computacional, como o software Maxima.

Como conclusão, a necessidade do uso dessas tecnologias no ensino de Ciência/Física é de grande auxílio na construção do conhecimento, uma vez que, o uso de CA pode possibilitar que os alunos entendam os assuntos com maior clareza e consigam explorar os temas mais complexos e tendo resultados satisfatórios, pois a aprendizagem tem contribuído para melhoramento do ensino tanto presencial quanto remoto. Além disso, o uso de programadores como Maxima, enquanto ferramenta pedagógica para o ensino de Ciências gera uma aproximação do aluno com a disciplina em questão.

REFERENCIAS

ALVES, D. T.; AMARAL, J. V. D.; MEDEIROS NETO, J. F. D.; CHEB-TERRAB, E. S.; **Aprendizagem de eletromagnetismo via programação e computação simbólica.** Revista Brasileira de Ensino de Física, 24, 201-213, 2002.

AMORIM, E. S. A. **O Uso do Software Modellus como Ferramenta Auxiliar no Ensino de Física: Uma Aplicação da Cinemática**, Dissertação de Mestrado, Rio Branco-AC: MNPEF, UFAC, 2018. 65 f.

ANTÔNIO, M; ANTÔNIO, M. **Utilização do software GeoGebra no ensino de Física Quântica**, E-Boletim da Física, v. 11 n. 1, p. 1-11, 2023. DOI: <https://doi.org/10.26512/e-bfis.v11i1.47352>.

CONSTRUÇÃO DO SABER CIENTIFICO.; **O uso da Computação Algébrica.** Bragança-PA, 22 fev. 2022. Instagram: @construcao_do_saber_cientifico. Disponível em: https://www.instagram.com/algebra_computacional_maxima. Acesso em: 12 mar. 2024.

DE OLIVEIRA, E. S.; **Simulações de condução de calor unidimensional com o software Maxima.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 45, 2023.

DO PRADO, N. V.; Pramiu, P. V.; Rizzi, P. D. R. L.; & Tavares, M. H. F.; **O Emprego do Software Maxima no apoio ao Ensino da Matemática**, v. 01, Cascavel, 2008, 426 p.

BARROS, T. R.; **Escola de ensino fundamental e médio.** Disponível em: <https://ccrei.com.br/web3gestor/arquivos/80/%20TRABALHO%20E%20ENERGIA.pdf>. Acesso em: 16 mar. 2024.

MENEGHETTI, A. **INSTALAÇÃO DO WXMAXIMA NO WINDOWS.** Youtube, vídeo (30 min). Acesso em: 13 de mai. de 2020. Disponível em: www.youtube.com/@andremeneghetti. Acesso em: 20 fev. 2024.

SABINO, A. C.; Campos, A. M. D.; Morais, D. T. D.; Kaled, J. P.; Gozzi, M. E.; Viscovini, R. **A Utilização do software Maxima no ensino por investigação da evolução estelar utilizando simulação gráfica da fusão nuclear.** Revista Brasileira de Ensino de Física, 41, 2019.

SANTOS, B.; Monografia **Introdução ao software MAXIMA**, Centro de Matemática da Universidade do Porto, dezembro 2009, 101 p.

SOFTWARE MAXIMA: **manipulando matrizes**, Prof. Ednilton, ensino de física. Belém, 16 de mai. de 2023. Youtube, vídeo (14: 55 min). Disponível em: www.youtube.com/@Prof.Ednilton. Acesso em: 17 mar. 2024.

PESSOA, R. UTILIZANDO O PROGRAMA MAXIMA. Inscrito em 6 de set. de 2006. Youtube, vídeo (16:31 min). Disponível em: www.youtube.com/@renatopessoa846. Acesso em: 17 mar. 2024.

VILATTE, J. E.; física 1. **Exercícios Resolvidos de Eletricidade, Magnetismo e Circuitos**, 3a ed. Setembro de 2020, ISBN: 978-972-752-271-2, 86 p. Watari, K., Mecânica Clássica Vol.1, 2a Ed, Editora Livraria da Física, 2004, ISBN:85-88325- 02.

VILATTE, J. E.; física 1. **Exercícios Resolvidos de Dinâmica e Sistemas Dinâmicos**, 5a ed. Fevereiro de 2021, ISBN: 978-972-752-273-6, 159 p.

MAXIMA. Disponível em: <http://maxima.sourceforge.net/>. Acesso em: 05 jan. 2024.

VAZ, Cristina L. D.; **O software Maxima e aplicações** - Belém, PA: EditAedi, 176 p., 2016.

WIEMAN, C. **Phet Interactive Simulations. University Of Colorado At Boulder**. Disponível em: <http://phet.colorado.edu/>. Acesso em: 11 jan. 2024.

ANEXO 1 – PUBLICAÇÃO DO LIVRO

O texto intitulado “Noções Básicas do Software Maxima no Ensino de Ciências”, contido neste Trabalho de Curso, foi Publicado em: 14 de junho de 2024, pela Editora Forma Educacional em formato de e-book com **ISBN: 978-65-85175-23-4** e **DOI: 10.29327/5406059**, conforme o documento abaixo:

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Noções Básicas do Software Maxima no Ensino de Ciências	
S586n	/ Joedila Felipe da Silva; Josiney Farias de Araújo; Aline Nascimento Braga; et al. – Formiga (MG): Forma Educacional Editora, 2024. 48 p. : il.
Outros autores: Carlos Alberto Brito da Silva Júnior; Alessandra Nascimento Braga	
Formato: PDF	
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader	
Modo de acesso: World Wide Web	
Inclui bibliografia	
ISBN 978-65-85175-23-4	
DOI: 10.29327/5406059	
1. Software Maxima. 2. Ensino de Ciências. 3. Noções Básicas. I. Silva, Joedila Felipe da. II. Título.	
CDD: 371.33 CDU: 37	

Os conteúdos, textos e contextos que participam da presente obra apresentam responsabilidade de seus autores.

Downloads podem ser feitos com créditos aos autores. São proibidas as modificações e os fins comerciais.
Proibido plágio e todas as formas de cópias.

Forma Educacional Editora
CNPJ: 35.335.163/0001-00
Telefone: +55 (37) 99855-6001
www.formaeducacional.com.br
formaeducacional@gmail.com
Formiga - MG

Catálogo Geral: <https://editoras.grupomultiatual.com.br/>

Acesse a obra originalmente publicada em:
<https://www.formaeducacional.com.br/2024/06/nocoes-basicas-do-software-maxima-no.html>



ANEXO 2 – AÇÕES DE EXTENSÃO DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Além do desenvolvimento deste trabalho, realizei outras atividades acadêmica, tais como: participação e a participações em eventos científicos como bolsista do programa Eixo Transversal e PIBEX durante o período de iniciação científica.

Na iniciação científica:

1. SILVA, J. F.; BRAGA, A. N. **AÇÕES INTERATIVAS POR MEIO DO USO DE COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA VOLTADAS AO ENSINO DE CIÊNCIAS**. Apresentado no V Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus de Bragança – SIEPE, 2022
2. SILVA, J. F.; BRAGA, A. N. **RELATO DE EXPERIÊNCIA: O USO DO SOFTWARE MAXIMA APLICADO AO ENSINO DE CIÊNCIAS**. Apresentado no V Seminário Integrado de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus de Bragança – SIEPE, 2023

No Programa PIBEX – PROEX/UFPA

1. Participou como bolsista do projeto de extensão intitulado **“CONSTRUÇÃO DO SABER CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO NA AMAZÔNIA; O USO DA COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA PARA O ENSINO DE CIÊNCIAS”**. Aprovado pelo Edital PIBEX N°01/2021, sob a coordenação de Alessandra Nascimento Braga, no período de 11/2021 a 04/2022.
2. Participou como bolsista do projeto de extensão intitulado **“AÇÕES EDUCATIVAS, CIENTÍFICAS E TECNOLÓGICAS NA AMAZÔNIA: O USO DA COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA PARA O ENSINO DA CIÊNCIAS”**. Aprovado

pelo Edital PIBEX N°01/2022, sob a coordenação de Alessandra Nascimento Braga, no período de 04/2022 a 04/2023.

No programa Eixo Transversal – PROEX/UFPA

1. Participou como bolsista do projeto de extensão intitulado **“DEMOCRATIZANDO O ENSINO DE CIÊNCIAS: COMO A COMPUTAÇÃO ALGÉBRICA PODE PROMOVER ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA?”**. Aprovado pelo Edital Eixo Transversal N°03/2023, sob a coordenação de Alessandra Nascimento Braga, no período de 08/2023 a 07/2024.

ANEXO 2 – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO DO REFERIDO TRABALHO

	<h1>CERTIFICADO</h1>	
<p>Certificamos que JOEDILA FELIPE DA SILVA apresentou o trabalho intitulado: “RELATO DE EXPERIÊNCIA: O USO DO SOFTWARE MAXIMA APLICADO AO ENSINO DE CIÊNCIAS” sob a orientação de ALESSANDRA NASCIMENTO BRAGA no VI Seminário de Ensino, Pesquisa e Extensão do Campus de Bragança (SIEPE): "Ciência para a Reconstrução do Brasil", promovido pelo Campus Universitário de Bragança e pelo Instituto de Estudos Costeiros (IECOS), no dia 30 de Outubro a 01 de novembro de 2023. Bragança, 20 de novembro de 2023.</p>		
 <hr/> Prof. Dr. Francisco Pereira de Oliveira Coordenador do Campus Universitário de Bragança	 <hr/> Profª Drª Moirah Paula Machado de Menezes Diretora do Instituto de Estudos Costeiros	
		

ANEXO 3 – CERTIFICADO DE APRESENTAÇÃO DO REFERIDO TRABALHO



ANEXO 4 – CERTIFICADO DE BOLSA PIBEX 2021



ANEXO 5 – CERTIFICADO DE BOLSA PIBEX 2022

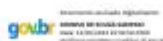


ANEXO 6 – DECLARAÇÃO DE COLABORAÇÃO DA FEIRA DO VESTIBULAR

DECLARAÇÃO

Declaro, para os devidos fins, que a discente **JOEDILA FELIPE DA SILVA** matricula (202012240038) do curso de Licenciatura em Ciências Naturais do Instituto de Estudos Costeiros (IECOS) colaborou na Feira do Vestibular de 2023 promovido pelo CBRAG & IECOS apresentando experimentos de Física no stand da Faculdade de Ciências Naturais no dia 05 de outubro de 2023 com a carga horário de 05 horas

Bragança, 12 de junho de 2024



Prof. Dr. Dioniso de Souza Sampaio
Diretor da Faculdade de Ciências Naturais
Instituto de Estudos Costeiros (IECOS)
Universidade Federal do Pará (UFPA)
Portaria nº 3843/2023

Campos Universitário de Bragança - Universidade Federal do Pará
Avenida Lourenço Ribeiro s/n - CEP 68600-000 Bragança, Pará
☎ (91) 3425.1200 / (FAX) 3425.1595
facbrag@ufpa.br