

FELIPE GUSTAVO SILVA DE MIRANDA

**O ensino de Astronomia no componente curricular de
Física para alunos de nível médio: uma abordagem
significativa**

Goiânia

2024



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Felipe Gustavo Silva de Miranda

Matrícula: 20162011070213

Título do Trabalho: O ensino de Astronomia no componente curricular de Física para alunos de Nível Médio: uma Abordagem Significativa

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Goiânia, 18/10/24.
Local Data

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

FELIPE GUSTAVO SILVA DE MIRANDA

O ensino de Astronomia no componente curricular de Física para alunos de nível médio: uma abordagem significativa

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – IFG – *Campus Goiânia*, como requisito parcial para obtenção do título de Licenciado em Física.

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG

Campus Goiânia

Licenciatura em Física

Orientadora: Profa. Ma. Denise Elza Nogueira Sobrinha

Goiânia

2024

M672e MIRANDA, Felipe Gustavo Silva de.

O ensino de Astronomia no componente curricular de Física para alunos de nível médio: uma abordagem significativa / Felipe Gustavo Silva de Miranda. – Goiânia: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, 2024.
45 f.: il.

Orientadora: Profa. Ma. Denise Elza Nogueira Sobrinha.

TCC (Trabalho de Conclusão de Curso) – Licenciatura em Física, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.

1. Astronomia - ensino médio. 2. Ensino de Astronomia. 3. Física. I. Nogueira Sobrinha, Denise Elza (orientadora). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia. III. Título.

CDD 520

Ficha catalográfica elaborada pelo Bibliotecário Alisson de Sousa Belthodo Santos CRB1/ 2.266
Biblioteca Professor Jorge Félix de Souza,
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia.



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS GOIÂNIA

ATA N. 45/2024

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE APRESENTAÇÃO E DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos dezesseis dias do mês de outubro do ano de dois mil e vinte e quatro, às quatorze horas, no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Câmpus Goiânia, situado à Rua 75, n. 46, Setor Central da cidade de Goiânia, Estado de Goiás, foi realizada a sessão pública de apresentação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso do Graduando **Felipe Gustavo Silva de Miranda** (matrícula 20162011070213) do curso de Licenciatura em Física, no primeiro semestre do ano de dois mil e vinte e quatro. A banca foi composta pelos seguintes membros: Mestra Denise Elza Nogueira Sobrinha, Doutor Lucas Bernardes Borges e Doutor Rogério Ferreira da Costa, sob a presidência da primeira. O trabalho de conclusão de curso teve como título "**O Ensino de Astronomia no componente curricular de Física para Alunos de Nível Médio: uma Abordagem Significativa**", da área de Licenciatura em Física, sob orientação da Professora Mestra Denise Elza Nogueira Sobrinha. Após a apresentação do Trabalho de Conclusão de Curso, tendo sido o autor arguido pela Banca Examinadora, a nota obtida foi 9,0.

Encerra-se a presente sessão às 15 horas e 30 minutos. Eu, Professora Mestra Denise Elza Nogueira Sobrinha, dato e assino a presente ata que segue assinada por todos os membros da Banca e pelo graduando.

(assinado eletronicamente)

Prof.ª Ma. Denise Elza Nogueira Sobrinha

(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Lucas Bernardes Borges

(assinado eletronicamente)

Prof. Dr. Rogério Ferreira da Costa

(assinado eletronicamente)

Felipe Gustavo Silva de Miranda
(Graduando)

Documento assinado eletronicamente por:

- Felipe Gustavo Silva de Miranda, 20162011070213 - Discente, em 16/10/2024 15:40:25.
- Denise Elza Nogueira Sobrinha, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/10/2024 15:39:56.
- Lucas Bernardes Borges, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/10/2024 15:39:02.
- Rogerio Ferreira da Costa, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLOGICO, em 16/10/2024 15:33:40.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 11/10/2024. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 575417
Código de Autenticação: 7446286853



FELIPE GUSTAVO SILVA DE MIRANDA

**O ensino de Astronomia no componente curricular
de Física para alunos de nível médio: uma
abordagem significativa**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Licenciatura em
Física do Instituto Federal de Educação,
Ciência e Tecnologia de Goiás Câmpus
Goiânia, como requisito parcial para
obtenção do título de Licenciado em Física.

Goiânia, 16 de Outubro de 2024.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ma. Denise Elza Nogueira Sobrinha

IFG/Goiânia

Prof. Dr. Lucas Bernardes Borges

IFG/Goiânia

Prof. Dr. Rogério Ferreira da Costa

IFG/Goiânia

Goiânia

2024

Trabalho dedicado aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer aos meus pais Neusa e Deusimar por sempre priorizarem minha educação e me apoiarem nos meus objetivos de vida. Meus amigos e companheiros de graduação que sempre estiveram comigo nos momentos bons e ruins, Katlyn, Blendson e Pedro. E a meus professores, principalmente minha orientadora Denise que sempre esteve de coração aberto e torcendo pela minha evolução durante a graduação.

“O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que aprendiz já conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos”. **David Ausubel**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo compreender o ensino de Astronomia no nível médio em que foi abordada a interdisciplinaridade do componente curricular da Física com a Astronomia acompanhada da Teoria da Aprendizagem Significativa, como uma forma atrativa de aula e como uma possibilidade de ruptura das aulas tradicionais de Física. O trabalho foi realizado com base em uma abordagem qualitativa e o tipo de pesquisa utilizado foi uma revisão bibliográfica. A Astronomia, uma das áreas mais antigas da humanidade, desempenha um papel fundamental na compreensão de conceitos científicos amplos, como Física, Matemática e Geografia. No entanto, a sua presença no currículo escolar oficial brasileiro é limitada, muitas vezes sendo tratada de forma superficial. O trabalho visa que o ensino da Astronomia seja mais acessível e atrativo, promovendo uma aprendizagem significativa, contribuindo para o desenvolvimento do pensamento crítico e científico dos alunos. Nesse sentido, foi apresentado a sugestão de quatro planos de aulas com foco na aprendizagem significativa dos alunos baseados em conteúdos da Astronomia no Ensino Médio.

Palavras-chave: Ensino de Astronomia; Física; Ensino Médio.

ABSTRACT

This study aimed to understand the teaching of Astronomy at the secondary level, addressing the interdisciplinarity of the Physics curricular component with Astronomy accompanied by the Theory of Meaningful Learning, as an attractive form of teaching and as a possibility of breaking away from traditional Physics classes. The study was carried out based on a qualitative approach and the type of research used was a bibliographic review. Astronomy, one of the oldest areas of humanity, plays a fundamental role in the understanding of broad scientific concepts, such as Physics, Mathematics and Geography. However, its presence in the official Brazilian school curriculum is limited, often being treated superficially. The study aims to make the teaching of Astronomy more accessible and attractive, promoting meaningful learning, contributing to the development of students' critical and scientific thinking. In this sense, four lesson plans were suggested, focusing on students' meaningful learning based on Astronomy content in secondary education.

Keywords: Teaching Astronomy; Physics; High School.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Sede do Observatório Nacional, na cidade do Rio de Janeiro.	10
Figura 2- Observatório Nacional completa 185 anos.	11
Figura 3- Jogo de tabuleiro Viagem ao Céu.....	15
Figura 4- Leis De Kepler – Física Animação.....	20
Figura 5- A origem do Universo: Teoria do Big Bang	23

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
LDB	Lei de Diretrizes e Bases
LEPEA	Laboratório de Ensino e Pesquisa em Educação Astronomia
ON	Observatório Nacional
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+EM	Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio
TAS	Teoria da Aprendizagem Significativa
UFG	Universidade Federal de Goiás
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	8
2. BREVE HISTÓRIA DO ENSINO EM ASTRONOMIA NO BRASIL	9
3. ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO	12
4. ENSINO DE ASTRONOMIA NA FÍSICA VISANDO UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA	14
5. PLANOS DE AULA DE ASTRONOMIA NAS 1ª, 2ª E 3ª SÉRIES DO ENSINO MÉDIO	16
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	26
REFERÊNCIAS	27
ANEXO	29

INTRODUÇÃO

Durante o período da minha graduação me encantei pela Astronomia, principalmente por estar presente no nosso cotidiano e pela sua relação próxima com as outras áreas. Conceitos de várias áreas da Física são aplicados para entender o universo em que vivemos, tais como a Relatividade Geral, o Eletromagnetismo, a Termodinâmica, a Mecânica Clássica e a Astrofísica, que estão presentes nas disciplinas que compõe o currículo do Curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG) Câmpus Goiânia. Segundo Giraldi (2012, p. 206):

A integração entre Astronomia e Física é fundamental para o ensino das ciências naturais. Através da Astronomia, os alunos podem compreender melhor conceitos de gravitação, leis do movimento, eletromagnetismo e energia, temas centrais no ensino de Física. Essa interdisciplinaridade enriquece o aprendizado, conectando a teoria à observação do universo.

No decorrer do curso tive a oportunidade de fazer um estágio no Planetário UFG, onde juntamente com professores e colegas de outras áreas, como Geografia, Biologia e Pedagogia, desenvolvemos um laboratório voltado para o ensino de Astronomia, o LEPEA-UFG (Laboratório de Ensino e Pesquisa em Educação Astronomia). Nosso intuito foi desenvolver ferramentas didáticas para o ensino de Astronomia para os alunos dos ensinos Fundamental e Médio a serem utilizadas por professores, principalmente de Escola Pública.

Durante esse período que estive neste estágio desenvolvi junto com a Katlyn, também aluna do Curso de Licenciatura em Física do IFG Câmpus Goiânia, um Jogo de Tabuleiro com princípios e curiosidades básicas a respeito do céu, cuja finalidade é despertar a curiosidade científica dos alunos e possibilitar que eles aprendam de forma lúdica e significativa os conceitos básicos da Astronomia presentes em nosso dia a dia.

Durante meu percurso acadêmico pude perceber que os conceitos da Astronomia muitas vezes não está presente nas aulas das disciplinas de Física professores. Resende (2017, p 42-45), ressalta que:

O ensino de Astronomia é frequentemente desvalorizado no currículo do Ensino Médio, sendo relegado a uma posição secundária em

relação a outras disciplinas, o que reflete uma falta de preparação dos professores e a ausência de materiais didáticos adequados.

Apesar das dificuldades, o ensino dos conceitos da Astronomia pode ser uma ferramenta indispensável para despertar o interesse dos estudantes pela ciência da natureza e para estimular o desenvolvimento do raciocínio lógico, tornando assim necessário refletir sobre estratégias metodológicas que possam torná-lo mais significativo, possibilitando um aprendizado ativo e eficaz.

Esse trabalho de pesquisa se embasou na abordagem qualitativa, do tipo revisão bibliográfica, e foi dividido em dois capítulos. O capítulo 1 trata de uma breve contextualização do ensino de Astronomia e o capítulo 2 apresenta uma sequência didática, com quatro planos de aula, sobre o ensino da Astronomia no Ensino Médio a partir do que é recomendado pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

2. BREVE HISTÓRICO DO ENSINO EM ASTRONOMIA NO BRASIL

A Astronomia, uma das ciências mais antigas vinda do século XX a.C. Vinda muito antes do período moderno, a Astronomia surgiu a partir das primeiras observações dos astros pelos povos antigos, como os Maias, Babilônios, Egípcios e Chineses, que usam o céu e as posições dos astros para criarem o calendário e usavam também como mapas de navegação. Tales de Mileto, Pitágoras, Aristóteles e mais tarde Ptolomeu deram início a prática da Astronomia de formas mais concretos como ciência por volta do século II d.C.

O ensino no Brasil teve seu início registrado oficialmente a partir de 1534, em que os jesuítas ensinavam os escravos e senhores de engenho, os colonos e índios. Os jesuítas eram responsáveis pela educação colonial no Brasil em que fundaram vários colégios em que o ensino de disciplinas científicas incluía a Astronomia, em que eram usadas de forma mais prática na navegação, cartografia e cosmologia, ferramenta essencial para orientação de tempo e espaço. Segundo Maturra (2014, p. 545):

As primeiras referências ao ensino de astronomia no Brasil no período colonial estão ligadas aos jesuítas, membros da companhia de Jesus, fundada em 1534 por Inácio de Loyola.

Os conceitos rudimentares de Astronomia estavam ligados também à matemática e à geografia, que eram essenciais para suas navegações. Logo Matsuura (2014, p. 548):

O ensino predominante era de cosmografia e aspectos práticos de uso dos instrumentos náuticos e astronômicos. Ali também eram ensinadas astrologia, arte de navegar, geografia e hidrografia.

A relação entre os escravos e indígenas com os jesuítas era ambígua, pois atuavam como educadores, mas o foco principal era a conversão religiosa e usavam a ciência como ferramenta. Os escravos carregavam com eles sua cultura africana em que tinham muitas tradições astronômicas próprias, como a observação das estrelas para ciclos agrícolas. Concluindo os jesuítas enxergavam a Astronomia como parte do processo de civilização e controle, usando a ciência para justificar hierarquias e dominação cultural.

O Colégio Pedro II, que foi criado em 1837, exerceu um papel essencial no ensino da Astronomia durante o império e o início da república, as disciplinas eram ensinadas juntamente com a Física e Geografia, sendo modelo para a educação secundária no Brasil, e foram feitas algumas reformas curriculares que incluíam conteúdos significativos de Astronomia até o século XX.

Um dos marcos mais importantes para o desenvolvimento da Astronomia no Brasil ocorreu por volta de 1927, com a fundação do Imperial Observatório do Rio de Janeiro, que hoje é o atual Observatório Nacional, conforme a figura 1.

Figura 1. Sede do Observatório Nacional, na cidade do Rio de Janeiro.



Fonte: Observatório Nacional. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Observat%C3%B3rio_Nacional

Figura 2. Observatório Nacional completa 185 anos.



Fonte: Ciência e Saúde - g1. Disponível em:

<https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/fotos/2012/10/observatorio-nacional-completou-185-anos-nesta-semana.html>

Dado o contexto histórico, segundo Brasil (2016, p. 01):

O Observatório Nacional - ON, uma das mais antigas instituições brasileiras de pesquisa, ensino e prestação de serviços tecnológicos, foi criado, oficialmente, em 15 de outubro de 1827, mas sua origem é anterior. Segundo o Padre Serafim Leite, em 1730, os jesuítas instalaram um observatório no Morro do Castelo, na cidade do Rio de Janeiro. Nesse mesmo local, em 1780, um observatório foi montado pelos astrônomos portugueses Sanches d'Orta e Oliveira Barbosa,

realizando-se ali observações regulares de astronomia, meteorologia e magnetismo terrestre. Com a vinda da família real para o Brasil, em 1808, o acervo desse observatório foi transferido para a Academia Real Militar.

No Século XX, a partir das décadas de 1970 e 1980, o ensino em Astronomia se popularizou principalmente nos níveis de ensino fundamental e médio, sendo criado projetos que envolviam a população para conhecer o planetário, surgindo novos observatórios como o Observatório do Valongo, que está vinculado à UFRJ, contribuindo para o despertar pelo interesse na ciência.

Dada a década de XX com as Leis de Diretrizes e Bases (LDB) em 1996, o ensino de Astronomia passou a ser organizado pelo Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), fazendo com que o foco do ensino em Astronomia fosse mais prático, com a introdução de atividades experimentais visando as observações, integrando a Astronomia no cotidiano e preparando os alunos para o exercer a cidadania.

Na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) o ensino em Astronomia é abordado no Ensino Médio dentro da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, especialmente nas disciplinas de Física e Geografia, apesar de não ser uma das matérias principais exigidas pelo currículo, ela aparece como um conteúdo relevante para a compreensão de fenômenos naturais do universo em geral.

3. ENSINO DE ASTRONOMIA NO ENSINO MÉDIO

O ensino de Astronomia pode enriquecer o aprendizado de diversas áreas da Física de forma interdisciplinar e contribuir para o desenvolvimento de competências científicas, além de despertar o interesse do aluno pela ciência de forma geral, explorando o contexto histórico e cultural, desenvolver sugestões de ferramentas de ensino de forma significativa e como o uso dessas abordagens vão facilitar o ensino da Astronomia:

o ensino da Astronomia se justifica, pois o aprendizado dessa temática possibilita o desenvolvimento de habilidades que são fundamentais para o entendimento de diversas disciplinas, como a Física, Matemática, Química, Geografia, Informática, Antropologia e Literatura, entre outras. Além disso, a Astronomia possibilita aos alunos a compreensão da imensidão do Universo e da responsabilidade de cada ser humano com o futuro do planeta" (Albrecht & Voelzke, 2016, p. 3).

O ensino de Astronomia é apresentado de forma lúdica para os alunos desde seus anos iniciais no Ensino Fundamental, quando se é ensinado que o “Sol aparece quando está de dia e a Lua quando está de noite”, muitas vezes esses pequenos conceitos vão sendo ensinados para a criança desde muito pequena e são dados muitas vezes por professores de pedagogia nos 5 primeiros anos e depois passam a ser lecionados pelos professores de Geografia e Ciências.

No Ensino Médio esses conceitos são ministrados de forma interdisciplinar em várias áreas da Física que são aplicadas durante os 3 anos de ensino médio. Na 1ª Série do Ensino Médio, tem-se a movimentação dos corpos celestes, Gravitação Universal, Rotação e Translação da Terra, Energia e radiação, e Sistema Solar e sua Formação. Na 2ª Série do Ensino Médio tem-se a Óptica e instrumentos Astronômicos, Ondas e Radiação, Eletromagnetismo, Gravitação e Dinâmica Orbital, Energia Térmica e Estrelas, e Leis da Termodinâmica e Evolução Estelar. Na 3ª Série do Ensino Médio tem-se Relatividade e Cosmologia, Espectroscopia e Astrofísica, Radiação e Evolução Estelar, Cosmologia e Big Bang, e Buracos Negros.

Estes são conteúdos da Física em que pode ser explorado a Astronomia de forma indireta ou direta no decorrer dos anos, o Ensino de Astronomia é recomendado pelos PCN desde os anos de 1990, muitos dos docentes não estão preparados para elaborar aulas que englobam também a Astronomia e muitas escolas também não tem os recursos necessários, logo é de extrema importância a reflexão a respeito da necessidade da melhor formação docente nessa área, tendo em vista que muitos professores de Física no Brasil carecem de preparos e materiais necessários para ensinar estes conteúdo, veremos algumas sugestões de material e ferramentas para alguns destes conteúdos nos próximos capítulos.

Dentre os temas citados acima, a BNCC menciona a necessidade principalmente de explorar os conceitos sobre Movimentos Planetários, Gravitação, Leis de Kepler e Newton, sendo esses conteúdos principais para o entendimento dos corpos celestes e seus movimentos no universo, além dos conteúdos que englobam o sistema solar formação das estrelas, galáxias e buracos negros, Logo conclui se a importância da Astronomia tem no currículo de ensino para que o aluno alcance uma das competências exigidas sendo, “Investigar e compreender as interações entre a Terra e os demais corpos celestes, analisando fenômenos naturais como fases da Lua, eclipses e estações do ano” (Brasil, 2018, p. 526).

4. ENSINO DE ASTRONOMIA NA FÍSICA VISANDO UMA ABORDAGEM SIGNIFICATIVA

Ao Investigar sobre as formas de ensino e ferramentas utilizadas para que possamos ensinar os conceitos de Astronomia de forma eficaz em sala de aula pouco se é visto publicado, temos muitos artigos tratando da importância de ensiná-la, mas não como poderíamos ensiná-la.

Uma vertente da educação que muito me encanta é a aprendizagem de forma Significativa elaborada pelo teórico e psicólogo David Ausubel, em que se defende que uma aprendizagem é mais eficaz quando o novo conhecimento se relaciona com o que o aluno já sabe, em vez de ser apenas memorizado e armazenado de forma isolada e mecânica. De acordo com Ausubel (1968, p. 18):

Se tivesse que reduzir toda a psicologia educacional a um único princípio, diria o seguinte: o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz já sabe. Descubra o que ele sabe e baseie o ensino nisso.

Estamos cercados por fenômenos astronômicos no nosso dia a dia, logo acredito que ensinar Astronomia de forma significativa seria excelente e segundo Maturra (2014, p.36) estudioso na área da Astronomia:

O ensino de ciências não se faz pela transferência de conteúdos abstratos para a mente dos alunos, através da audição ou leitura de enunciados, mas o conhecimento científico precisa ser gerado de novo em cada mente que aprende, pelo próprio aprendiz.

Durante o estágio no Planetário UFG, produzi juntamente com a Katlyn também da Física um tabuleiro que inicialmente foi feito a arte dele e depois impresso em uma lona para que os alunos pudessem andar sobre o tabuleiro, no tabuleiro tinham várias perguntas relacionadas ao dia a dia da criança que no fim conseguimos ligar a assuntos mais teóricos da Astronomia e o aluno conhecer todo o sistema solar e suas características de forma significativa. Logo essa ferramenta que desenvolvemos com material tão simples como um computador e uma lona pode ser utilizada para ensinar alunos da rede pública.

Figura 3. Jogo de tabuleiro Viagem ao Céu.



Fonte: acervo pessoal do autor, 2019.

Este jogo poderia ser usado em todas as séries do ensino médio porque o estudo de planetas e gravitação está presente no currículo. Segundo Ferreira (2021, p 1-2):

Os PCN+ EM destacam, ainda, como parte do currículo, a interação gravitacional e os métodos de investigação de estrelas e galáxias, como a lei de gravitação universal, a relatividade geral e as lentes gravitacionais.

A abordagem da aprendizagem significativa para o ensino de Astronomia, contribui para o desenvolvimento do pensamento crítico e científico do aluno o que é essencial para a formação do indivíduo podendo desenvolver pensamentos críticos e científico despertando interesse não só pela Astronomia, mas no estudo da ciência como um todo. Segundo Ausubel (1968, p.39):

A aprendizagem significativa é um processo pelo qual os alunos integram novas informações à sua estrutura cognitiva, utilizando o que já sabem como base para a nova aprendizagem, o que é essencial para a construção do conhecimento científico.

Para que essa abordagem traga bom resultados temos que levar em consideração todos os pontos como realidade estrutural da escola, formação dos professores e adaptá-las da melhor forma possível na realidade da comunidade em

geral, acesso a ciências e ensino de qualidade não só na Física mais em todas as áreas de ensino deveria ser direito de todos e não um privilégio.

A seguir apresenta-se algumas sugestões de planos de aula para os(as) professores(as) trabalharem o conteúdo de Astronomia no Ensino Médio de forma significativa.

5. PLANOS DE AULA DE ASTRONOMIA NAS 1ª, 2ª E 3ª SÉRIES DO ENSINO MÉDIO

De acordo com os PCN e a BNCC, e subsidiada pela Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, a proposta 1, a ser aplicada nas 1ª, 2ª e 3ª séries do ensino médio, traz um plano de aula sobre a Movimento Planetário e o Sistema Solar, a proposta 2, a ser ministrada na primeira série do ensino médio, explora o conteúdo de Leis de Kepler, e a proposta 3, a ser aplicada na segunda série do ensino médio, explora o conteúdo de Energia Interna e Estrelas e a proposta 4, sendo ela aplicada na terceira série do ensino médio é Cosmologia e a Teoria do Big Bang.

Proposta 1:

Sugestão de Plano de Aula: Movimento planetário e o Sistema Solar com Foco na aprendizagem significativa e uso de um tabuleiro interativo

Série: 1º,2º,3º Séries do Ensino Médio

Duração: 2 aulas de 45 minutos (sendo ajustada a rotina de cada escola)

Tema: Movimento planetário e o Sistema Solar

Disciplina: Física

Objetivo geral: Com o uso do tabuleiro podemos trabalhar conceitos do movimento planetário e sistema solar de forma lúdica acompanhado de conceitos prévios dos alunos em relação ao tema da aula contextualizando e acompanhando o conhecimento científico durante e pós-aula.

Objetivos específicos: com o uso do tabuleiro e a abordagem lúdica que ele proporciona estimula-se o aluno com o jogo e facilita a aprendizagem dos conteúdos de gravitação, movimento planetário, sistema solar, estrelas e relembramos

conteúdos de ciências do ensino fundamental como planetas e os astros que compõem o sistema solar.

Conteúdos:

1. Sistema Solar;
2. Planetas;
3. Movimento planetário.

Metodologia com Foco na Aprendizagem Significativa:

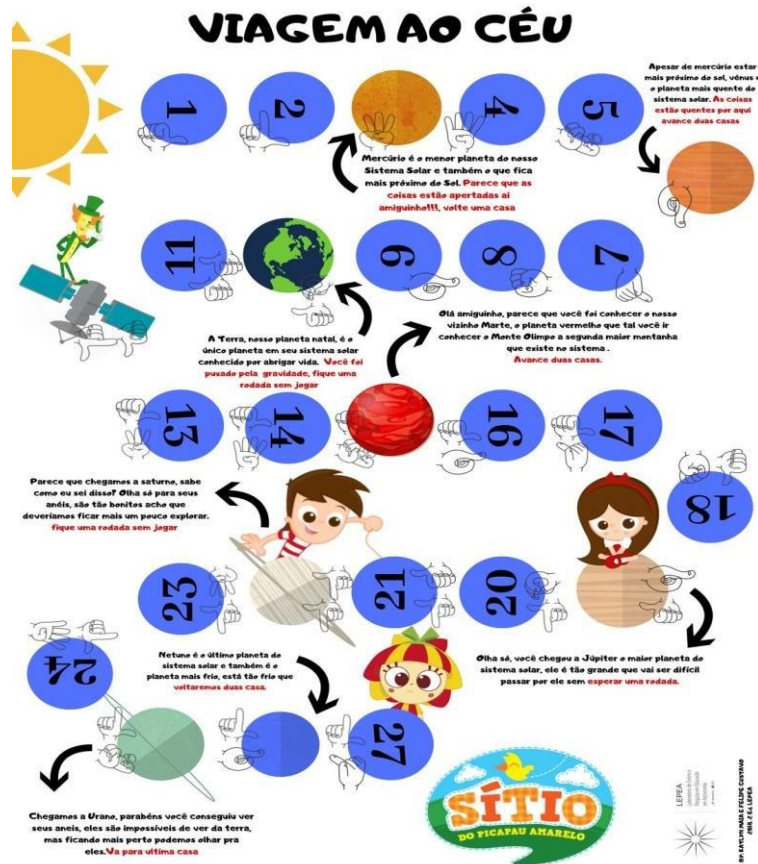
Primeiro Momento: No primeiro momento os alunos são indagados sobre o sistema solar e os astros que o compõem, perguntas como “Quantos planetas compõem o sistema solar?”, “Qual a estrela mais próxima da Terra?”, “Quais outros tipos de astros que compõem o nosso sistema solar?”, serão feitas para compreender os conhecimentos prévios que os alunos têm sobre o sistema solar.

Segundo Momento: o tabuleiro é apresentado e explicado como funciona o jogo, sendo ele um jogo de tabuleiro onde usamos um dado que o aluno anda pelas casas e a cada casa temos um quiz com perguntas de múltiplas escolhas sobre o sistema solar que são colocadas para o nível médio, onde tem perguntas de Física e Astronomia teóricas sobre o sistema solar, sendo o objetivo que eles cheguem no final do sistema solar.

Terceiro Momento: A cada pergunta do quiz respondida certa ou errada os conceitos das perguntas são trabalhados e aprofundados para que conceitos errôneos sejam corrigidos e conceitos raros sejam aprofundados para ampliar a compreensão do aluno.

Quarto Momento: No quarto momento é feita uma discussão ativa com os alunos onde são questionadas as influências do movimento planetário e como os planetas influenciam na vida da terra e como é importante o Sol, Gigantes gasosos e as influências gravitacionais para a vida.

Figura 4. Tabuleiro Viagem ao Céu



Fonte: autoral, Katlyn e Felipe - LEPEA-UFG

Recursos didáticos:

1. Tabuleiro Viagem ao céu.

Avaliação da aprendizagem:

Os alunos serão avaliados de forma lúdica e formativa utilizando o tabuleiro para compreender os conhecimentos prévios e após a aula, utilizando uma lista de conceitos respondendo à pergunta “Quais os astros compõem o sistema solar e como eles influenciam na vida da Terra?”, sendo feito uma lista de conceitos aprendidos durante a aula.

Referências:

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. Os Fundamentos da Física – Volume 1. 11ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. Os Fundamentos da Física – Volume 3. 11ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

Proposta 2:

Sugestão de Plano de Aula: Movimentação dos Corpos Celestes com Foco na Aprendizagem Significativa

Série: 1ª série do Ensino Médio

Duração: 2 aulas de 45 minutos (sendo ajustado a rotina de cada escola)

Tema: Movimentação dos corpos Celestes - Leis de Kepler e o movimento dos Planetas

Disciplina: Física

Objetivo geral: promover a aprendizagem significativa dos conceitos de movimento dos corpos celestes e leis de Kepler, contextualizando com os conceitos prévios dos alunos, relacionando os planetas e o sistema solar com o conteúdo da aula.

Objetivos específicos: estimular a construção ativa de conhecimento dos alunos, contextualizando a movimentação dos planetas com o dia a dia deles. Como, por exemplo: as estações do ano e fases da lua, tudo isso como intuito de despertar a curiosidade e interesse do aluno pela Astronomia por meio dos fenômenos observáveis no cotidiano do aluno.

Conteúdos:

1. Leis das Órbitas;
2. Leis das Áreas;
3. Leis dos Períodos.

Metodologia com Foco na Aprendizagem Significativa:

Primeiro momento: No primeiro momento da aula é importante promover uma breve discussão interativa com questionamento: **“O que vocês sabem sobre sistema solar e a movimentação dos planetas?”** Para fazermos a conexão com a fundamentação teórica mais à frente.

Perguntas como: “Porque os planetas não caem no sol?” também podem ser utilizadas, por exemplo.

Segundo Momento: Apresentação dos conteúdos, utilizando o material didático da preferência do professor, fazer o uso de ferramentas de imagem para a demonstração das órbitas dos planetas e como elas funcionam para aproximar o conteúdo com a realidade dos alunos.

Terceiro Momento: Construção ativa do conhecimento, trabalhar exercícios em que os alunos desenhem sua própria órbita planetária e relacionar o conteúdo teórico dado anteriormente à atividade ilustrativa. Dar uma lista de exercícios práticos da elaboração de cada professor.

Quarto Momento: Discussão ativa, podendo questionar os alunos “**Como as Leis de Kepler influenciam o nosso dia a dia?**”, entre outras perguntas, deixar que eles mesmos façam pergunta para o professor e colegas da turma.

Recursos Didáticos:

1. Livro didático;
2. Quadro branco/pincel ou quadro/giz;
3. Vídeos ou animações sobre as Leis de Kepler e o Movimento dos Planetas;
4. Simulações digitais de órbitas planetárias como Phet.

Avaliação da aprendizagem:

A avaliação da aula será processual e contínua com propósito formativo. A avaliação da aprendizagem dos alunos será baseada nos conceitos prévios e discussões dos conhecimentos anteriores, comparando com os conhecimentos atribuídos após a aula, sendo assim, incorpora-se os conhecimentos que os alunos já têm de corpos celestes e o movimento planetário e comparando com o que compreendeu após a aula.

Figura 4. Leis De Kepler - Física Animação.



Fonte: YouTube. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=76LZ_oQHEUA

Referência:

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. Os Fundamentos da Física – Volume 1. 11ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

Proposta 3:

Sugestão de Plano de Aula: Energia Interna e Estrelas

Serie/ano: 2ª série do Ensino Médio

Duração: 2 a 3 aulas de 45 minutos (sendo ajustado a rotina de cada escola)

Tema: Energia Interna e Estrelas

Disciplina: Física

Objetivo geral: apresentar os conceitos de Energia Interna relacionando com o que os alunos já entendem sobre energia e em que ela está presente no seu dia a dia, e relacionar os conceitos de Energia Interna com as estrelas.

Objetivos específicos: identificar os processos que ocorrem nas estrelas e como elas geram energia. Adotando a abordagem de aprendizagem significativa ao utilizar o conhecimento prévio dos alunos e possibilitar que eles construam novos conhecimentos sobre a Energia Interna e as Estrelas.

Conteúdos:

1. Energia Interna: Definição, propriedades e relação com as forças conservativas.
2. Estrelas: Formação, estrutura interna e funcionamento da energia interna nas estrelas.

Metodologia com Foco na Aprendizagem Significativa:

Primeiro momento: discussão inicial, perguntando sobre as estrelas e como elas geram luz e calor, pedindo que eles façam um fichamento das dúvidas e questionamento no caderno como forma de atividade.

Segundo momento: utilizar materiais como madeira, plástico e vidro para realizar uma demonstração sobre transferência de calor.

Terceiro momento: A turma será dividida em grupos e será proposto que cada grupo fique com um tipo de estrela como: estrelas anãs, gigantes vermelhas ou supergigantes, cada grupo pesquisará suas características e explicar em apresentação como a energia térmica é produzida e liberada por seu tipo de estrela.

Recursos Didáticos:

1. Livro didático;
2. Quadro branco/pincel ou quadro/giz;
3. Materiais: madeira, plástico e vidro.

Avaliação da aprendizagem:

A avaliação da aula será processual e contínua com propósito formativo. A avaliação da aprendizagem dos alunos será baseada nas discussões após a experiência prática e a atividade em grupo, na qual os alunos poderão expressar os conhecimentos anteriores e a compreensão de energia interna e estrelas com o conhecimento pós aula, em que será avaliado os conceitos construídos de forma significativa durante a aula e correlacionado com o que ele já conhecia previamente.

Referência:

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. **Os Fundamentos da Física – Volume 2**. 11ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

Proposta 4:

Sugestão de Plano De Aula: Cosmologia e Teoria do Big Bang

Série: 3ª série do Ensino Médio

Duração: 2 a 3 aulas de 45 minutos (sendo ajustado a rotina de cada escola)

Tema: Cosmologia e Teoria do Big Bang

Disciplina: Física

Objetivo geral: compreender os principais conceitos relacionado a cosmologia e a Teoria do Big Bang, relacionando o conteúdo de cosmologia com o conhecimento prévio dos alunos sobre o universo.

Objetivos específicos: discutir sobre a Cosmologia, a teoria do Big Bang e a Evolução do Universo. Adotando a abordagem de aprendizagem significativa ao utilizar o conhecimento prévio dos alunos e possibilitar que eles construam novos conhecimentos sobre a Cosmologia, A teoria do Big Bang e a Evolução do Universo.

Conteúdos:

1. Cosmologia: Definição e história.
2. Teoria do Big Bang: Origem do universo, expansão e principais evidências.
3. Evolução do universo: Formas de galáxias, estrelas e planetas.

Metodologia com Foco na Aprendizagem Significativa:

Primeiro momento: iniciar a aula com os conhecimentos prévios que os alunos tenham sobre a evolução do universo com questionamentos como “Como tudo começou?”, “O Big Bang se caracteriza pela explosão e surgimento de tudo que conhecemos hoje?”

Segundo Momento: discutir junto aos alunos que a Cosmologia e a Teoria do Big Bang é muito presente no dia a dia dos jovens adolescentes. Por exemplo: quem nunca ouviu falar da série norte americana: “The Big Bang Theory” que teve sua estreia por volta de 2007, mesmo que de forma lúdica e fictícia e tratado a questão científica e muitos jovens conhecem ou já ouviram falar sobre o que deixa o interesse e referencias prévias dos alunos com um fácil acesso maior.

Terceiro momento: os alunos podem ser questionados sobre conhecer ou não a série “The Big Bang Theory” e sobre o que ela se trata. Após essa discussão será exibido um vídeo sobre o universo (podendo ser da escolha e referência do(a) professor(a):

Figura 5. A origem do Universo: Teoria do Big Bang



Fonte: Youtube, Canal Nostalgia. Disponível em:
https://youtu.be/BI8Q7Lt56y0?si=R_qSuEYKnExiQ0AA

Ao assistir aos vídeos/documentários é importante que os alunos façam o fichamento, anotando suas dúvidas para serem discutidas em uma roda de conversa sobre o assunto.

Recursos Didáticos:

1. Livro didático;
2. Quadro branco/pincel ou quadro/giz;
3. Vídeos ou animações;
4. Maquete.

Avaliação da aprendizagem:

A avaliação da aula será processual e contínua com propósito formativo. A avaliação da aprendizagem dos alunos será baseada na construção de mapa mental. Os alunos devem construir um mapa mental relacionando seus questionamentos às informações do vídeo/documentário, descrevendo os conceitos físicos. Os alunos também podem construir uma maquete com materiais recicláveis, fazendo uma galáxia ou representando o sistema solar.

Referências:

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. Os Fundamentos da Física – Volume 3. 11ª ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

Complementar:

HAWKING, S. **Uma Breve História do Tempo**. São Paulo: Editora Rocco, 1988.

PASACHOFF, J. M. & FILIPE, C. **Astronomia e Astrofísica**: uma Introdução. São Paulo: Bookman, 2007.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Astronomia desempenha um papel fundamental no desenvolvimento do pensamento crítico e científico dos estudantes, e a proposta de uma sequência didática subsidiada pelo que recomenda a Aprendizagem Significativa, de David Ausubel, pode proporcionar uma abordagem interdisciplinar entre os conceitos da Física, Matemática e outras áreas.

Essa metodologia de ensino possibilita que os estudantes tenham uma compreensão mais profunda dos fenômenos da natureza que estão presentes no seu dia a dia e a inserção de conteúdos como a Teoria do Big Bang, a Evolução Estelar e a Cosmologia nas aulas de Física podem despertar a curiosidade e o interesse dos discentes pela ciência e os preparar para enfrentar os desafios de um mundo cada vez mais desenvolvido e tecnológico.

Porém, infelizmente ainda teremos grandes desafios pela frente, esse é apenas o ponta pé inicial para que outros educadores tenham interesse em melhorar a educação para que possamos implementar de forma considerável esses conteúdos dentro de sala de aula. Ainda vamos lidar com o despreparo dos profissionais e estrutura escolar e para enfrentar esses desafios é necessário investir na formação de professores e no desenvolvimento de materiais didáticos que torne o ensino de Astronomia mais atrativo e um direito de todos.

Conclui-se, portanto, que o ensino de Astronomia e a aprendizagem significativa são essenciais para a educação científica e temos uma longa caminhada pela frente que possivelmente venha a se desenvolver de forma mais sólida e concreta em possíveis especializações, mestrado, doutorado e artigos sobre o tema.

REFERÊNCIAS:

- ALBRECHT, E.; VOELZKE, M. R. **Ensino de Astronomia no Ensino Médio**: uma proposta. In: IV Simpósio Nacional de Educação em Astronomia – IV SNEA, Goiânia, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/308334551_Ensino_de_Astronomia_no_Ensino_Medio_uma_proposta. Acesso em: 10/05/2024.
- AUSUBEL, D. P. **Educational psychology**: A cognitive view. New York: Holt Rinehart & Winston, 1968. Disponível em: <https://archive.org/details/educationalpsych0000ausu/page/n9/mode/2up>. Acesso em: 01/08/2024.
- BARRIO, J. B. M. **A investigação educativa em astronomia**: os planetários como espaço de ensino e aprendizagem. In: LONGHINI, M. D. (Org.). Educação em astronomia: experiências e contribuições para a prática pedagógica. Campinas, SP: Editora Átomo, 2010. p. 159-178.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília: MEC, 2018. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/conselho-nacional-de-educacao/base-nacional-comum-curricular-bncc>. Acesso em: 20/09/2023.
- BRASIL. **Observatório Nacional**. Histórico. Disponível em: <https://www.gov.br/observatorio/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/historico>. Acesso em: 10/05/2024.
- BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais**: introdução aos parâmetros curriculares nacionais. Brasília: MEC/SEF, 1997. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: 20/09/2023.
- BRETONES, Paulo Sergio. **Disciplinas introdutórias e Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. 187 p. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1999. Orientador: Maurício Compiani.
- FERREIRA, M.; COUTO, R. V. L.; SILVA FILHO, O. L.; PAULUCCI, L.; MONTEIRO, F. F. **Ensino de astronomia**: uma abordagem didática a partir da Teoria da Relatividade Geral. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 43, e20210157, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1806-9126-RBEF-2021-0157>. Acesso em: 10/09/2024.
- GAMA, Leandro Daros; HENRIQUE, Alexandre Bagdonas. Astronomia na sala de aula: por quê? **Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia – RELEA**, n. 9, p. 7-15, 2010. Disponível em: <https://relea.ufscar.br/index.php/relea/article/view/146>. Acesso em: 30/08/2024.
- HAWKING, S. **Uma Breve História do Tempo**. São Paulo: Editora Rocco, 1988.

PASACHOFF, J. M. & FILIPE, C. **Astronomia e Astrofísica**: uma Introdução. São Paulo: Bookman, 2007.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. **Os Fundamentos da Física – Volume 1**. 11^a ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. **Os Fundamentos da Física – Volume 2**. 11^a ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. **Os Fundamentos da Física – Volume 3**. 11^a ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

SOLER, D. R.; LEITE, C. **Importância e justificativas para o ensino de Astronomia**: um olhar para as pesquisas da área. In: Simpósio Nacional de Educação e Astronomia – SNEA, São Paulo, 2012. Disponível em: http://snea2012.vitis.uspnet.usp.br/sites/default/files/SNEA2012_TCO21.pdf. Acesso em: 30/08/2024.

ANEXO

Sugestão de material para fundamentação teórica das aulas de Astronomia, 1ª, 2ª e 3ª séries do Ensino Médio

2. As leis de Kepler

As leis de Kepler descrevem os movimentos dos planetas de nosso sistema solar, tomando o Sol como referencial.

Primeira lei de Kepler (ou lei das órbitas)

Os planetas descrevem órbitas elípticas em torno do Sol, o qual ocupa um dos focos da elipse descrita.

Conta-se que, ao descobrir que as órbitas descritas pelos planetas não eram circulares, mas sim elípticas, Kepler se sentiu profundamente decepcionado. Apesar de cientista, seu arraigado espírito religioso tinha dificuldade em aceitar que Deus tivesse criado algo que não fosse perfeito. A crença predominante em sua época era a de que o movimento dos astros, sendo uma criação divina, teria de ser circular, considerado o movimento perfeito. A elipse, cujas principais características são apresentadas no quadro seguinte, era considerada uma figura imperfeita. No entanto, embora sua fé religiosa tivesse sido abalada, Kepler fez prevalecer sua condição de cientista e enunciou suas leis.

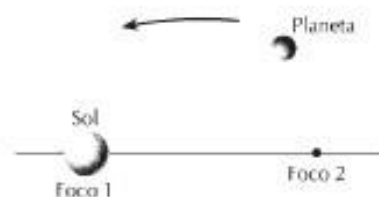


Figura 3.

Entre na rede

No endereço eletrônico http://www.walter-fendt.de/ph14br/keplerlaw1_br.htm (acesso em 22/2/2007), você pode realizar simulações a respeito da 1ª lei de Kepler.

O ponto **mais próximo** do Sol chama-se **periélio** (*peri* = perto, *hélio* = Sol) e o **mais afastado** chama-se **afélio** (*apo* = longínquo). O planeta é mais veloz no periélio e mais lento no afélio. Para a Terra, o máximo e o mínimo da velocidade são 30,2 km/s (no periélio) e 29,3 km/s (no afélio).

Terceira lei de Kepler (ou lei dos períodos)

O quadrado do período de translação de cada planeta em torno do Sol é proporcional ao cubo do raio médio da respectiva órbita.

O **raio médio** (r) da órbita de um planeta coincide com a média aritmética entre a distância do Sol ao afélio (r_a) e a distância do Sol ao periélio (r_p). Essa medida é igual à medida do semi-eixo maior da trajetória elíptica descrita pelo planeta em sua órbita.

$$r = \frac{r_a + r_p}{2}$$

Se T o período de translação do planeta, isto é, o intervalo de tempo para ele dar uma volta completa em torno do Sol, e r a medida do raio médio, a terceira lei de Kepler pode ser escrita algebricamente:

$$T^2 = Kr^3$$

A constante de proporcionalidade K depende das massas do Sol e do planeta. Como a massa do planeta é desprezível em relação à do Sol, considera-se que a constante K depende só da massa do Sol.

De acordo com a terceira lei de Kepler, quanto mais distante do Sol for a órbita de um planeta, maior será o período de translação desse planeta, isto é, maior o seu ano, pois um ano é o intervalo de tempo necessário para dar uma volta em torno do Sol.

A tabela seguinte apresenta, a título de informação, as massas e os períodos dos planetas em relação, respectivamente, à massa da Terra e ao período da Terra (ano terrestre).

Massas e períodos dos planetas em relação à Terra

Planeta	Massa	Período (ano terrestre)
Mercúrio	0,054	0,241
Vênus	0,814	0,615
Terra	1,000	1,000
Marte	0,107	1,881
Júpiter	317,45	11,865
Saturno	95,00	29,650
Urano	14,6	83,745
Netuno	17,6	165,951

Massa da Terra (M_T) = $5,98 \cdot 10^{24}$ kg

Período da Terra (1 ano terrestre) = 365,2 dias

Período de rotação da Terra = 23 h 56 min 4 s

Período da Lua em torno da Terra = 27,3 dias

Massa do Sol = $333.000M_T = 1,99 \cdot 10^{30}$ kg

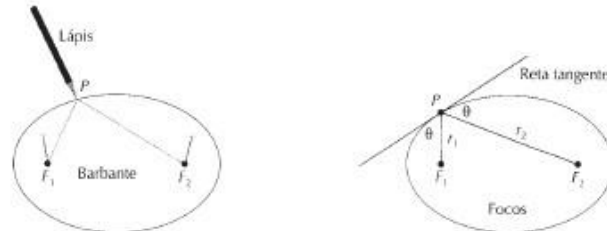
Massa da Lua = $\frac{1}{81,3} M_T = 7,3 \cdot 10^{22}$ kg

Leia mais

Para conhecer melhor as condições nas quais Kepler estabeleceu suas três leis do movimento planetário, você pode ler a biografia desse grande astrônomo alemão na página 382.

A elipse

A elipse pode ser construída usando-se dois pregos, um barbante e um lápis. Os pontos F_1 e F_2 são os focos da elipse, que pode ser definida como uma curva onde a soma das distâncias r_1 e r_2 , dos focos a um ponto qualquer P da curva, é constante. As linhas $\overline{F_1P}$ e $\overline{F_2P}$ formam ângulos iguais com a tangente à elipse no ponto P . Se uma sala for construída em forma de elipse, uma onda de som ou de luz, partindo de F_1 , será refletida para o outro foco F_2 , pela propriedade anterior. Esse é o princípio da sala de sussurro que existe em museus e exposições; duas pessoas nos focos F_1 e F_2 podem conversar entre si em voz baixa sem serem ouvidas por nenhuma outra pessoa da sala.



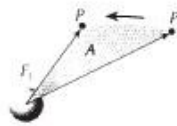
Segunda lei de Kepler (ou lei das áreas)

O segmento imaginário que une o centro do Sol e o centro do planeta (raio-vetor) varre áreas proporcionais aos intervalos de tempo dos percursos.

Na figura 4, seja A a área descrita no intervalo de tempo Δt por um planeta (P) qualquer. De acordo com a segunda lei de Kepler:

$$A = k \cdot \Delta t$$

A constante de proporcionalidade k depende do planeta e é denominada **velocidade areolar** do planeta.



$$A = k \cdot \Delta t \Rightarrow k = \frac{A}{\Delta t}$$

(velocidade areolar do planeta)

Figura 4.

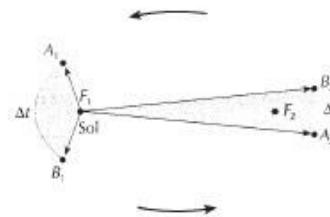


Figura 5.

Se as áreas destacadas da figura 5 forem iguais, teremos, segundo Kepler, que os intervalos de tempo do percurso do planeta serão iguais. Desse modo, para o arco maior $\widehat{A_1B_1}$ ser descrito no mesmo intervalo de tempo que o arco menor $\widehat{A_2B_2}$, a velocidade em $\widehat{A_1B_1}$ (planeta próximo do Sol) deve ser maior do que a velocidade em $\widehat{A_2B_2}$ (planeta longe do Sol).

Portanto os planetas **não se movem ao redor do Sol com velocidade de módulo constante**: são mais rápidos quando estão mais próximos do Sol e mais lentos quando estão mais afastados.

Entre na rede

No endereço eletrônico http://www.walter-fendt.de/ph14br/keplerlaw2_br.htm (acesso em 22/2/2007), você pode verificar a 2ª lei de Kepler seguindo as instruções do quadro.

Um ano terrestre é aproximadamente igual a 365,2 dias. Pela tabela o ano marciano é 1,881 vez o ano terrestre, isto é, aproximadamente 687 dias terrestres. Vênus, mais próximo do Sol, tem um ano equivalente a 220 dias terrestres aproximadamente (da tabela, 0,615 ano terrestre). Mercúrio, mais próximo ainda, tem um ano com cerca de 88 dias terrestres, e Netuno, o planeta conhecido mais distante, tem um ano igual a 60.500 dias terrestres, aproximadamente.

Entre na rede

No endereço eletrônico <http://www.phy.ntnu.edu.tw/oldjava/portuguese/dinamica/keplermotion/keplermotion/html/index.php?topic=9.0> (acesso em 22/2/2007), as simulações propostas permitem a análise das três leis de Kepler.

OBSERVAÇÃO

As três leis de Kepler não valem apenas para os movimentos dos planetas em torno do Sol. Elas são válidas para quaisquer corpos que gravitem em torno de outro cuja massa seja bem maior. É o caso dos satélites artificiais que se movem ao redor da Terra.



Galileu Galilei (1), físico italiano, foi um dos pioneiros no estudo do céu com o auxílio de instrumentos. Suas lunetas (2), embora rudimentares, foram suficientes para que ele, além de descobrir os satélites de Júpiter e as manchas solares, observasse com detalhes as fases da Lua, das quais chegou a fazer esboços (3), publicados em seu livro *O mensageiro das estrelas* (1610). Com o desenvolvimento da tecnologia, os instrumentos de observação foram sendo aperfeiçoados, até se alcançar o estágio das modernas lunetas e telescópios (4).

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.



3. Energia interna. Lei de Joule para os gases perfeitos

A energia total de um sistema é composta de duas parcelas: a energia externa e a energia interna.

A **energia externa** do sistema é devida às relações que ele guarda com seu meio exterior — energia cinética e energia potencial.

A **energia interna** do sistema relaciona-se com suas condições intrínsecas. Num gás, corresponde às parcelas: energia térmica, que se associa ao movimento de agitação térmica das moléculas; energia potencial de configuração, associada às forças internas conservativas; energias cinéticas atômico-moleculares, ligadas à rotação das moléculas, às vibrações intramoleculares e aos movimentos intra-atômicos das partículas elementares.

Não se mede diretamente a energia interna U de um sistema. No entanto, é importante conhecer a **variação da energia interna** ΔU do sistema durante um processo termodinâmico. Para os gases ideais monoatômicos, essa variação é determinada somente pela variação da energia cinética de translação das moléculas que constituem o sistema.

Há processos em que a energia interna varia e a temperatura permanece constante. É o que ocorre nas mudanças de estado de agregação. A energia recebida (calor latente) durante o processo aumenta a energia interna do sistema. Assim, durante uma fusão, o estado líquido tem maior energia interna que o estado sólido, embora durante o processo não esteja ocorrendo variação de temperatura. Por outro lado, nas transformações gasosas, a variação de energia interna (ΔU) é sempre acompanhada de variação de temperatura (ΔT).

Retomemos a transformação isobárica descrita no item anterior (página 170, figura 2). Vimos que o gás recebeu a quantidade de calor Q e realizou o trabalho $\mathcal{C}$. Tendo ocorrido variação de temperatura $\Delta T = T_2 - T_1$, variou a energia cinética das moléculas do gás e, portanto, variou a energia interna. De acordo com a teoria cinética dos gases, sendo n o número de mols do gás (página 159), temos:

$$\text{Energia cinética molecular inicial: } E_1 = \frac{3}{2}nRT_1$$

$$\text{Energia cinética molecular final: } E_2 = \frac{3}{2}nRT_2$$

$$\text{Variação da energia cinética molecular: } \Delta E = E_2 - E_1 = \frac{3}{2}nR \cdot (T_2 - T_1)$$

Essa variação ΔE corresponde à variação da energia interna ΔU do gás, suposto ideal e monoatômico:

$$\Delta U = \Delta E = \frac{3}{2}nR \cdot (T_2 - T_1)$$

Note que, se a temperatura final T_2 é maior que a temperatura inicial T_1 , a energia interna do gás aumenta. Se T_2 for menor que T_1 , a energia interna do gás diminui. No caso de a temperatura final T_2 ser igual à inicial T_1 , a energia interna do gás não varia.

Situações possíveis	Energia interna
$T_2 > T_1 \Rightarrow \Delta T > 0 \Rightarrow \Delta U > 0$	aumenta
$T_2 < T_1 \Rightarrow \Delta T < 0 \Rightarrow \Delta U < 0$	diminui
$T_2 = T_1 \Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$	não varia

Podemos, assim, enunciar a lei de Joule para os gases perfeitos:

A energia interna de uma dada quantidade de um gás perfeito é função exclusiva de sua temperatura.

Fonte: Os Fundamentos da Física - Vol. 2 - 9ªEd. RAMALHO – Termologia, Óptica e Ondas

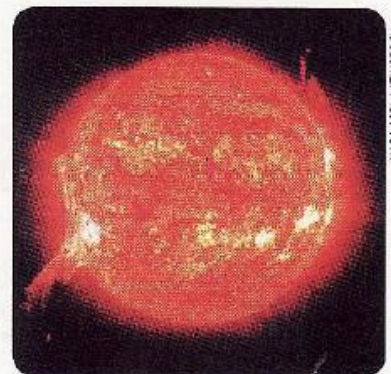
7. Fusão nuclear

A extraordinária quantidade de energia que o Sol, há bilhões de anos, emite para o espaço, responsável pela manutenção das condições de vida em nosso planeta, é produzida por um processo denominado **fusão nuclear**. Costuma-se dizer que o Sol é uma verdadeira fornalha fundindo continuamente núcleos de hidrogênio em núcleos de hélio, tendo a energia como subproduto. Em que na verdade consiste esse processo?

Os núcleons, isto é, os prótons e os nêutrons de um mesmo núcleo, mantêm-se ligados graças à interação determinada pela força nuclear forte. Como vimos, essa força tem seu alcance restrito às dimensões nucleares e é extremamente intensa. Portanto, para separar os núcleons, é necessário fornecer ao núcleo uma grande quantidade de energia. Chama-se **energia de ligação do núcleo** a quantidade de energia mínima que o núcleo deve receber para ser possível tal separação.

Verifica-se que a massa do núcleo ($m_{\text{núcleo}}$) é menor que a soma das massas individuais dos núcleons ($\Sigma m_{\text{núcleons}}$) que o formam. Assim, a diferença entre essas massas é dada por:

$$\Delta m = \Sigma m_{\text{núcleons}} - m_{\text{núcleo}}$$



▲ Imagem do Sol obtida pelo Telescópio de Imagem Ultravioleta Extrema da sonda espacial SOHO (Observatório Solar e Heliosférico). À esquerda, vê-se uma proeminência solar.

A energia de ligação do núcleo pode, então, ser calculada pela equação de Einstein:

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

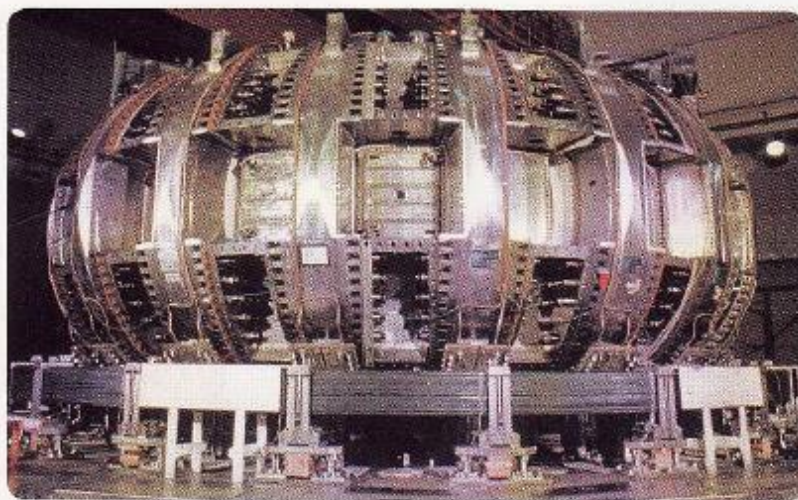
Por conseguinte, quando núcleons se juntam e se fundem para formar um núcleo mais pesado, há liberação de energia, que corresponde à energia de ligação, isto é, à energia que o núcleo formado deveria receber para que fossem liberados os núcleons originais. No processo que ocorre no Sol, núcleos de hidrogênio unem-se para formar núcleos de hélio e, como subproduto dessa reação nuclear, é liberada uma enorme quantidade de energia. A reação nuclear que ocorre no Sol pode ser escrita simplificada do seguinte modo:



Em princípio, parece simples. Entretanto uma reação desse tipo exige pressões extremamente altas e temperaturas da ordem de 20 milhões de kelvins. Essa é uma das razões pelas quais as usinas nucleares ainda não se utilizam da fusão nuclear. Nos procedimentos experimentais, o gasto de energia para se obterem as condições necessárias à realização do processo é maior que a quantidade de energia obtida dele.

As condições obtidas em laboratório, com reatores do tipo Tokamak, ainda estão distantes das exigidas para uma produção contínua e controlada de energia a partir da fusão nuclear.

A fusão nuclear causa bem menos problemas que a fissão nuclear na obtenção de energia elétrica. Por isso, há um grande empenho dos cientistas e dos governos em todo o mundo para buscar soluções que tornem viável a utilização do processo de fusão em substituição ao de fissão. Nesse sentido, foi criado um projeto internacional, que constitui uma das maiores cooperações científico-tecnológicas dos últimos tempos, o ITER (Internacional Thermonuclear Experimental Reactor). O reator, baseado na tecnologia Tokamak, está sendo construído na França e, uma vez concluído (o primeiro prazo para início das operações é 2016), deverá produzir cerca de 1 GW (um bilhão de watts) de potência. Tal projeto consumirá mais de 10 bilhões de euros, metade dos quais investidos pela comunidade européia.



▲ Reator de fusão Tokamak, utilizado para pesquisas nucleares, na Universidade de Princeton, Nova Jersey, Estados Unidos.



Entre na rede

No endereço eletrônico <http://bcs.whfreeman.com/universe6e/pages/bcs-main.asp?s=001108n=01000&i=18110.02&v=category&o=18000|01000|&ns=0&nid=0&ran=0> (acesso em 13/9/2007), você pode verificar como ocorre a fusão de átomos de hidrogênio, determinando a formação de um átomo de hélio.



8. Evolução estelar

8.1. O nascimento de uma estrela

O espaço é quase vazio, com uma densidade de 1 próton por metro cúbico. A temperatura média é de 2,7 K (próxima do zero absoluto). O hidrogênio constitui a maior parte da matéria conhecida do Universo. Essa matéria se distribui no Universo em um raio de 14 bilhões de anos-luz, com regiões de maior concentração, as **galáxias**, em cujo interior há estrelas e eventuais planetas. Admite-se que essa matéria constitui apenas uma pequena parte do total do Universo (5%), o restante sendo constituído de matéria escura e energia escura, cuja natureza ainda é desconhecida.

Uma estrela nasce quando se aglutinam, por ação gravitacional, gases (principalmente hidrogênio) e poeira interestelar. Acredita-se que isso começa a ocorrer nos denominados **glóbulos de Bok**, descritos pela primeira vez em 1947 pelo astrônomo norte-americano de origem holandesa Bart Jan Bok (1906-1983). São regiões com até alguns anos-luz de diâmetro, onde a distribuição de matéria não é uniforme. À medida que a aglutinação ocorre, a temperatura do núcleo central aumenta, surgindo então duas tendências que se opõem: a de contração, devida à ação gravitacional, e a de expansão, devida à alta temperatura. Há situações em que ocorre um equilíbrio entre essas duas tendências, determinando a formação de **proto-estrelas** (*proto* = anterior), constituídas por núcleos densos e quase estáveis. Com o aumento gradativo da temperatura, inicia-se o processo de fusão nuclear dos átomos de hidrogênio com a produção de hélio. A proto-estrela passa então a emitir intensamente ondas eletromagnéticas e partículas altamente energéticas. Quando a temperatura atinge valores suficientemente elevados, têm início as reações termonucleares, o que causa uma interrupção no colapso gravitacional e o **nascimento de uma estrela**. O aumento de densidade e de temperatura é lento, de modo que o processo de contração gravitacional persiste por intervalos de tempo de milhões a bilhões de anos.

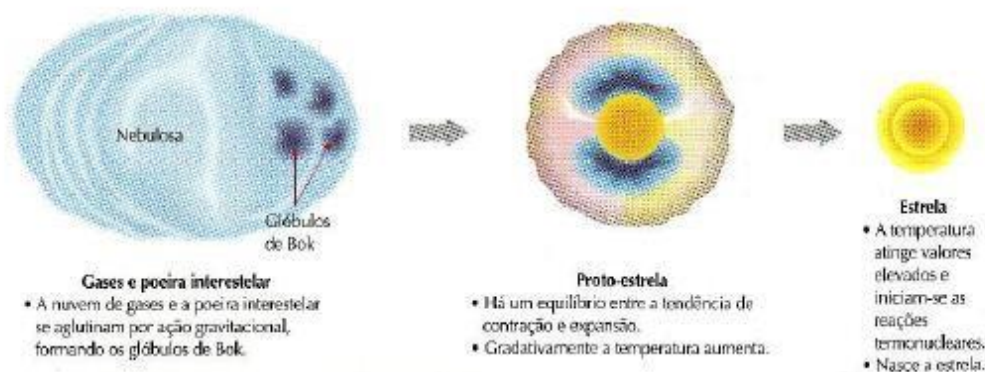
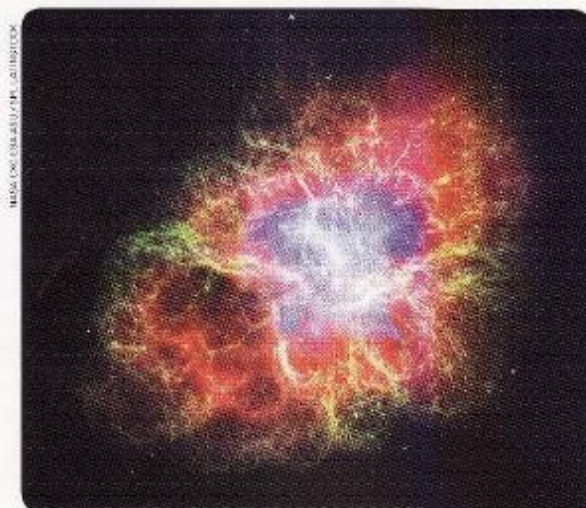


Figura 6.

8.2. A vida e a morte de uma estrela

As reações de fusão, iniciando-se no hidrogênio e terminando no hélio, produzem a energia nas estrelas e elevam a temperatura. A massa da estrela é determinante na densidade e na temperatura atingidas, fatores que estão diretamente associados à velocidade de queima do combustível nuclear. Quando é atingido o limite a partir do qual a continuação do processo de fusão hidrogênio-hélio não é mais possível, a pressão produzida pela temperatura, que se opõe à pressão gravitacional, diminui. Então, estrelas com massa suficiente passam a produzir carbono (^{12}C), a partir de uma reação com três átomos de hélio, levando a estrela à categoria de **gigante vermelha**, que tem uma luminosidade elevada e temperatura de superfície relativamente pequena, devido à grande dimensão. Se as camadas externas começarem a se afastar, formando uma **nebulosa planetária**, e o núcleo continuar sua contração, a estrela se transforma numa **anã branca**, que tem o raio bastante diminuído e numa escala de tempo considerável irá perder o brilho, convertendo-se em uma **anã negra**.

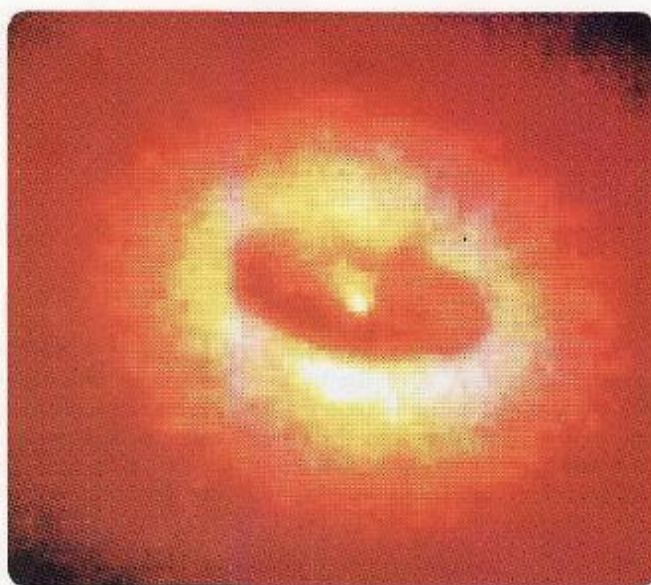
Se a massa da estrela for muito grande, superior a quatro vezes a massa do nosso Sol, as fusões prosseguem e pode ser produzido o ferro ($^{56}_{26}\text{Fe}$). Com isso, o combustível nuclear vai se esgotando. A consequência desse esgotamento é uma violenta contração gravitacional que dá origem a um cataclismo cósmico, um fenômeno espetacular denominado **supernova**. O brilho da supernova é muito intenso por algum tempo, diminuindo gradativamente. Nesse evento, a estrela envia para o espaço parte de sua massa, restando então um núcleo, denominado **caroço estelar**.



◀ Nebulosa do Caranguejo (M1), remanescente de uma supernova que explodiu no ano de 1054.

Em 1987, uma estrela da Grande Nuvem de Magalhães deu origem a uma supernova, a SN1987a, lançando no espaço um chuva de neutrinos e fótons, que puderam ser medidos na Terra e por instrumentos situados em satélites. Isso ocorreu à distância de 169 mil anos-luz, com uma energia calculada em $3 \cdot 10^{46}$ J, uma quantidade de energia muitas vezes maior que toda a energia irradiada pelo Sol em seu ciclo de vida.

Dependendo da massa, o núcleo restante de uma supernova pode se tornar uma **estrela de nêutrons**, com densidades extremas e raios da ordem de dezenas de quilômetros. No caso de massas maiores, a estrela pode dar origem a um **buraco negro**, no qual a matéria sofre uma contração indefinida, reduzindo-se a um simples ponto denominado **singularidade**. A fronteira matemática, caracterizada pela distância em relação a esse ponto, a partir da qual nada pode escapar à atração gravitacional, é denominada **horizonte de eventos**. A gravidade de um buraco negro é tão intensa que nenhuma matéria dele pode escapar e toda a matéria do espaço vizinho é atraída para ele. O fato de que nem mesmo a luz escapa à atração do buraco negro explica seu nome.



▲ Evidência de um buraco negro no núcleo da Galáxia NGC 4261, que se encontra a mais de 45 milhões de anos-luz da Terra. A imagem, colorizada artificialmente, foi obtida pelo telescópio espacial Hubble, em 1992.

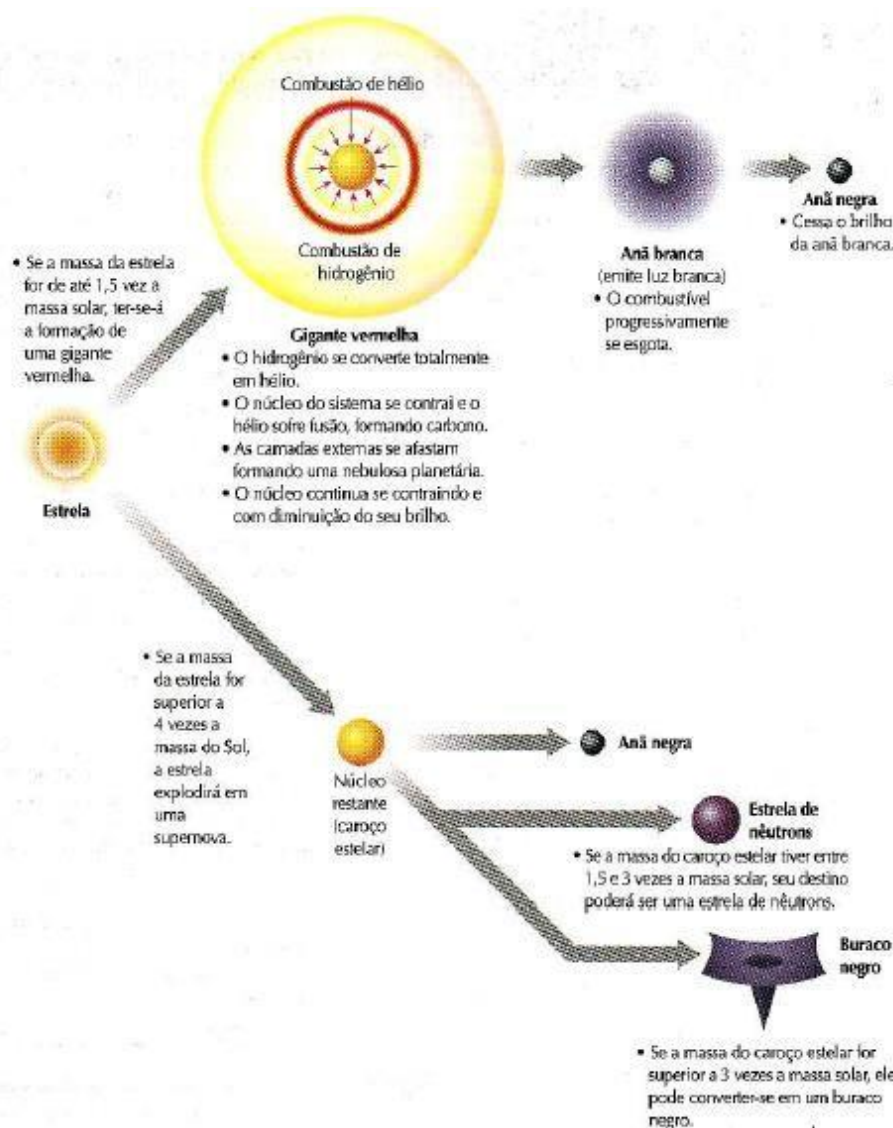


Figura 7.

Uma das previsões da relatividade geral de Einstein é a existência de ondas gravitacionais, as quais, apesar das tentativas, ainda não foram observadas. Existe a expectativa de que na eventual colisão de dois buracos negros, envolvendo massas da ordem de milhares de massas equivalentes ao Sol, ondas gravitacionais possam ser detectadas, resolvendo um dos grandes enigmas da Física atual. A quantidade de energia gerada no evento rivalizaria com os distantes **quasares**, situados nos limites do Universo e que produzem energias equivalente a centenas de galáxias combinadas.



Entre na rede

No endereço eletrônico <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/estrelas/node14.htm> (acesso em 13/9/2007), você pode observar uma simulação de como uma estrela pode evoluir e obter outras informações sobre a evolução estelar.

Referências:

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. **Os Fundamentos da Física – Volume 1**. 11^a ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. **Os Fundamentos da Física – Volume 2**. 11^a ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

RAMALHO, Francisco Júnior; FERRARO, Nicolau Gilberto; TOLEDO SOARES, Paulo Antônio de. **Os Fundamentos da Física – Volume 3**. 11^a ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.