



DESVENDANDO AS ESTRELAS: UM JOGO COLABORATIVO PARA O ENSINO  
MÉDIO

Adriana Queiroz Agostinelli Ribeiro

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do ABC no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física

Orientadora: Profa. Dra. Laura Paulucci Marinho

Santo André

Novembro de 2018

## FICHA CATALOGRÁFICA

Agostinelli Ribeiro, Adriana Queiroz

Desvendando as Estrelas: Um jogo colaborativo para o Ensino Médio / Adriana Queiroz

Agostinelli Ribeiro - 2018

85 f.: il

Orientadora: Laura Paulucci Marinho

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do ABC (UFABC), Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF, Santo André, 2018.

1. Ensino de Física. 2. Estrelas. 3. Sequência Didática. 4. Ensino por investigação. 5. Jogo colaborativo. I. Paulucci, Laura. II. Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física -MNPEF, 2018. III. Título



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**Fundação Universidade Federal do ABC**  
**Programa de Pós-Graduação em Mestrado Nacional Profissional em**  
**Ensino de Física**

Avenida dos Estados, 5001 – Bairro Santa Terezinha – Santo André – SP  
CEP 09210-580 · Fone: (11) 4996-0017  
ppg.mnpef@ufabc.edu.br

**FOLHA DE ASSINATURAS**

Assinaturas dos membros da Banca Examinadora que avaliou e aprovou a Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Adriana Queiroz Agostinelli Ribeiro, realizada em 6 de novembro de 2018:

*Laura Paulucci*

Prof.(a) Dr.(a) **Laura Paulucci Marinho** (Universidade Federal do ABC) – Presidente

*Jane Cristina Gregorio Hetem*

Prof.(a) Dr.(a) **Jane Cristina Gregorio Hetem** (Universidade de São Paulo) – Membro Titular

*Nelson Studart*

Prof.(a) Dr.(a) **Nelson Studart Filho** (Universidade Federal do ABC) – Membro Titular

Prof.(a) Dr.(a) **Roberto Dell'Aglio Dias da Costa** (Universidade de São Paulo) – Membro Suplente

Prof.(a) Dr.(a) **Graciella Watanabe** (Universidade Federal do ABC) – Membro Suplente

**Este exemplar foi revisado e alterado em relação à versão original, de acordo com as observações levantadas pela banca no dia da defesa, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.**

Santo André, 10 de janeiro de 2019.

Assinatura do autor: AB Agostinelli

Assinatura do orientador: Laura Saulucci

## **Resumo**

### **DESVENDANDO AS ESTRELAS: UM JOGO COLABORATIVO PARA O ENSINO MÉDIO**

**Adriana Queiroz Agostinelli Ribeiro**

**Orientadora: Laura Paulucci Marinho**

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

Este trabalho teve por objetivo elaborar e avaliar uma sequência didática para estudar as estrelas através do ensino dos fenômenos de emissão luminosa e fusão nuclear que nelas ocorrem e sua análise espectroscópica. A elaboração da sequência didática foi subsidiada pela teoria educacional sociointeracionista de Vygotsky, utilizando também de elementos de jogos na educação para estruturar uma metodologia de ensino investigativa. Como resultado, foi proposto um jogo colaborativo onde os alunos tiveram a oportunidade de interagir inicialmente em pequenos grupos e posteriormente em grupos maiores de trabalho. A sequência didática está dividida em quatro temas: Brilho, Energia, Espectroscopia e Observação Virtual, onde cada um deles possui uma estrutura de trabalho que se inicia com uma questão norteadora, desenvolve-se com a realização de dinâmicas e é concluída com a sistematização do conhecimento. Em todas as etapas os alunos possuem tarefas a serem realizadas, dando ênfase em uma metodologia ativa e investigativa. A aplicação deste produto educacional ocorreu em uma escola da rede pública estadual da cidade de São Paulo para alunos do 2º ano do ensino médio, sob o formato de mini-curso. Os resultados obtidos foram bastante satisfatórios no que concerne à avaliação da aprendizagem dos alunos e também em relação ao modo que os alunos receberam as atividades propostas e a consequente avaliação que fizeram sobre a estrutura do curso.

Palavras-chave: Ensino de Física; Estrelas; Sequência Didática; Ensino por investigação; Jogo colaborativo.

## **Abstract**

### UNVEILING THE STARS: A COLLABORATIVE GAME FOR HIGH SCHOOL STUDENTS

Adriana Queiroz Agostinelli Ribeiro

Supervisor: Laura Paulucci Marinho

Abstract of master's thesis submitted to Programa de Pós-Graduação Universidade Federal do ABC no Curso de Mestrado Profissional de Ensino de Física (MNPEF), in partial fulfillment of the requirements for the degree Mestre em Ensino de Física

This work elaborated and evaluated a didactic sequence to study stars through the teaching of light emission and nuclear fusion phenomena that occur in them and their spectroscopic analysis. The didactic sequence elaboration was subsidized by the socio-educational theory of Vygotsky, also using elements of games in education to structure a methodology of investigative learning. As a result, a collaborative game was proposed where students had the opportunity to interact amongst them, initially in small groups and later in larger working groups. The didactic sequence is divided into four themes: brightness, energy, spectroscopy and virtual observation, each with a working structure that begins with a guiding question, develops with the making of dynamics and is completed with the systematization of knowledge. At all stages the students have tasks to be carried out, emphasizing an active and investigative methodology. This educational product was tested with students of the second year of high school in a public school in the city of São Paulo, under a mini-course format. The results obtained were very satisfactory regarding the evaluation of the students' learning and also in relation to the way the students received the proposed activities and their evaluation about the structure of the course.

Keywords: Physics education; Stars; Didactic sequence; Investigative learning; Collaborative game.

Aos meus mestres:

Meus filhos, Fernando e André, aos quais  
também dedico todos os instantes da minha vida;

Meu amado marido, Gustavo, por partilhar a vida  
comigo, aceitando tudo aquilo que não escolheu;

Minha queridíssima mãe, Zulmira, para quem  
todas as palavras de gratidão são insuficientes;

Meu saudoso pai, Pedro, (*in memoriam*) cuja ausência  
física jamais será maior que o amor que nos une!

*“If I had a wish that I could wish for you  
I’d make a wish for sunshine all the while  
Sunshine on my shoulders makes me happy  
Sunshine in my eyes can make me cry  
Sunshine on the water looks so lovely  
Sunshine almost always makes me high.”*

*“Se eu pudesse desejar algo a você  
Eu desejaria que o Sol brilhasse o tempo todo  
A Luz do Sol em meus ombros me deixa feliz  
A Luz do Sol em meus olhos podem me fazer chorar  
A Luz do Sol na água é tão agradável  
A Luz do Sol quase sempre me alegra.”*

Sunshine - John Denver

# Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Agradeço à CAPES pelo apoio financeiro, fundamental para a minha permanência no curso.

Agradeço à minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dra Laura Paulucci Marinho, por acreditar na minha ideia e ajudar a torná-la realidade com muita competência, paciência e compreensão. Assim como agradeço aos demais professores do programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física do Polo UFABC, que muito contribuíram para a minha formação.

Agradeço aos colegas do Mestrado Profissional, turma 2016, pelo companheirismo em todas as etapas do curso, pelos estudos, cafés e risadas compartilhados. Em especial àqueles que, de colegas de curso, tornaram-se amigos para a vida.

Agradeço aos colegas e principalmente ao grupo gestor da Escola Villalva Junior pela ajuda constante e troca de ideias.

Agradeço a todos os meus alunos pela motivação e inspiração. Em especial, agradeço aos alunos que fizeram parte deste projeto.

Agradeço à minha família, principalmente à minha mãe Zulmira e meu marido Gustavo, por absolutamente tudo. Sem eles eu não conseguiria escrever uma única linha deste trabalho!

Finalmente agradeço a Deus por me dar condições e forças para realizar tudo aquilo que me proponho a fazer.

# Índice

<b>1</b>	<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>O Ensino de Astronomia no Ensino Médio</b>	<b>3</b>
2.1	A Astronomia e os PCN . . . . .	4
2.2	A Astronomia e o Currículo Oficial do Estado de São Paulo . . . . .	6
2.3	A Astronomia nos livros didáticos para o Ensino Médio . . . . .	8
2.4	Revisão bibliográfica: Propostas para o Ensino de Astronomia . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Fundamentação Teórica</b>	<b>11</b>
3.1	A sequência didática como estratégia . . . . .	11
3.2	A teoria educacional de Vygotsky . . . . .	12
3.3	Gamificação na Educação . . . . .	16
3.4	O ensino por investigação . . . . .	17
<b>4</b>	<b>O Produto Educacional</b>	<b>19</b>
4.1	Introdução . . . . .	21
4.2	Tema 1 - Brilho . . . . .	21
4.3	Tema 2 - Energia . . . . .	22
4.4	Tema 3 - Espectroscopia . . . . .	23
4.5	Tema 4 - Observação Virtual . . . . .	23
4.6	Finalização . . . . .	24
<b>5</b>	<b>A Aplicação do Produto</b>	<b>25</b>
5.1	A escola e os alunos . . . . .	25

5.2	Cronograma . . . . .	26
5.3	Semana 1 . . . . .	27
5.4	Semana 2 . . . . .	28
5.5	Semana 3 . . . . .	28
5.6	Semana 4 . . . . .	29
5.7	Semana 5 . . . . .	31
<b>6</b>	<b>Discussão dos Resultados</b>	<b>33</b>
6.1	Tarefas realizadas durante a aplicação do produto . . . . .	33
6.2	A Avaliação Final . . . . .	35
6.3	A Avaliação do Curso . . . . .	43
<b>7</b>	<b>Conclusões</b>	<b>46</b>
<b>Apêndice A Produto Educacional</b>		
<b>Desvendando as Estrelas: um jogo para o Ensino Médio</b>		<b>49</b>
A.1	O tabuleiro do jogo . . . . .	52
A.2	Introdução . . . . .	52
A.3	Tema 1: Brilho . . . . .	56
A.3.1	Questão Norteadora . . . . .	56
A.3.2	Realização da Dinâmica . . . . .	56
A.3.3	Conclusões . . . . .	59
A.4	Tema 2 - Energia . . . . .	61
A.4.1	Questão Norteadora . . . . .	61
A.4.2	Realização da Dinâmica . . . . .	61
A.4.3	Conclusões . . . . .	63
A.5	Tema 3 - Espectroscopia . . . . .	63
A.5.1	Questão Norteadora . . . . .	63
A.5.2	Realização da Dinâmica . . . . .	64
A.5.3	Conclusões . . . . .	66
A.6	Tema 4 - Observação Virtual . . . . .	67

---

A.6.1	Questão Norteadora . . . . .	67
A.6.2	Realização da Dinâmica . . . . .	69
A.6.3	Conclusões . . . . .	71
A.7	Finalização do Jogo . . . . .	73
A.8	Avaliação Final . . . . .	74
<b>Apêndice B</b>	<b>Manual VIREO - atividade desenvolvida</b>	<b>76</b>
<b>Apêndice C</b>	<b>Tabela de Estrelas</b>	<b>78</b>
<b>Apêndice D</b>	<b>Avaliação Diagnóstica</b>	<b>80</b>
<b>Apêndice E</b>	<b>Avaliação Final</b>	<b>81</b>
<b>Apêndice F</b>	<b>Avaliação do Produto Educacional</b>	<b>82</b>
<b>Referências Bibliográficas</b>		<b>84</b>

# Capítulo 1

## Introdução

A Astronomia, tema recorrente do universo imaginário infantil, permanece durante muito tempo no âmbito da curiosidade dos alunos, que chegam ao ensino médio esperando, finalmente, encontrar respostas às suas questões.

O diálogo com esses alunos indica que é possível conseguir muitas informações relevantes na Internet, mas por vezes as pesquisas realizadas são incompletas ou até em níveis de aprofundamento inatingível para alunos do ensino médio. Disso decorre inclusive a utilização de termos pertencentes à física e à ciência, mesmo sem o domínio de seu significado ou análise e compreensão do fenômeno envolvido na questão.

Assim, a motivação para este trabalho surgiu de duas inquietações comuns no cotidiano escolar. A primeira delas diz respeito ao constante questionamento dos alunos sobre astronomia, aliada à consciência do quanto o Currículo a que estamos submetidos não atende de forma satisfatória esta demanda, assim como a formação do professor também não está alinhada a essa necessidade.

A segunda inquietação vem da necessidade de utilizar em sala de aula metodologias ativas, com uso de experimentos ou outra atividade diversa que possa tirar o aluno de sua postura passiva, tão comum no ensino básico público.

Desta forma, buscou-se propor um produto educacional composto por uma sequência de atividades práticas que pudessem levar o aluno a compreender aspectos importantes a respeito das estrelas a partir de uma aprendizagem investigativa.

O produto foi estruturado sob a forma de um jogo, tentando dar corpo a uma estrutura mais

atrativa ao processo, ao mesmo tempo em que desenvolve a relação de cooperativismo entre os alunos, em busca de uma meta única.

Esta dissertação está estruturada da seguinte maneira:

O Capítulo 2 discute brevemente qual o papel da astronomia dentro do ensino básico atualmente. É tratado como a discussão ocorre no âmbito nacional através dos Parâmetros Curriculares Nacionais e no âmbito estadual através do Currículo Oficial do Estado de São Paulo. Finalmente, como este tema é desenvolvido nos livros didáticos para o ensino médio, ou seja, nos materiais básicos a que o professor e aluno têm acesso.

O Capítulo 3 introduz conceitos básicos da teoria de Vygotsky, o uso de gamificação na educação e educação investigativa, três vertentes sob as quais o produto educacional desenvolvido se baseia para que seja criada uma sequência didática com sucesso.

Nos Capítulos 4 e 5, respectivamente, apresentamos de fato o produto educacional e sua aplicação. Ou seja, nestes capítulos é descrito como o trabalho foi idealizado, como foi recebido pelos alunos e como de fato se desenrolou, sendo no Capítulo 6 discutidos os resultados obtidos.

Finalmente, no Capítulo 7 apresentamos as conclusões do trabalho.

O produto educacional está na íntegra no Apêndice A, e os materiais sugeridos para sua aplicação constam nos demais apêndices.

## Capítulo 2

# O Ensino de Astronomia no Ensino Médio

O ensino de astronomia no âmbito da educação básica brasileira enfrenta, ainda nos dias atuais, dificuldades para sua real implementação. Segundo Langui e Nardi (2009), uma grande dificuldade é estabelecida desde a formação do professor, já que professores de ciclo I são formados em pedagogia e professores da disciplina de ciências, para o ciclo II, normalmente são formados em ciências biológicas, ou seja, dois cursos de graduação que normalmente não possuem nenhuma disciplina voltada à astronomia. Além disso, os professores de ensino médio tipicamente também possuem formação deficiente, já que nos cursos de graduação de licenciatura em física as disciplinas ligadas a astronomia não são obrigatórias e os fenômenos ligados a ela estão diluídos em outros conteúdos.

Assim, grande parte da formação para professores nesta área ocorre em cursos de formação continuada, destinados a professores já em atuação na educação básica. Levanta-se porém a questão de que estes cursos, apesar de destinados a professores, tipicamente não contemplam pesquisas em educação e metodologias de ensino para a área, abrangendo apenas os conteúdos específicos, o que na prática não garante ao professor segurança para mudar sua prática docente.

Langui e Nardi (2009) assim resumem a situação do ensino de astronomia formal:

No âmbito da educação básica, as escolas de educação infantil, ensino fundamental e ensino médio atuam de modo formal no papel de instituições que promovem o processo de ensino/aprendizagem de conteúdos de astronomia, embora de modo reduzido, e muitas vezes até nulo, como mostram os resultados das pesquisas da área de educação

em astronomia. Sejam estes conteúdos sugeridos por órgãos e documentos oficiais [...], sejam administrados por opção de professores comprometidos com sua formação continuada individual, alguns elementos de astronomia podem vir a estar presentes nas aulas de ciências ou de física. (Langui e Nardi, 2009)

Desta forma, no cenário que se apresenta, nota-se que o ensino de astronomia é um conteúdo praticamente ausente da sala de aula, apesar do que se encontra nos documentos oficiais. Para discutir brevemente esta questão, principalmente no tocante àquilo que foi tratado no produto educacional objeto desta dissertação, é pertinente uma breve análise dos principais norteadores do trabalho do professor na educação básica do Estado de São Paulo.

## 2.1 A Astronomia e os PCN

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (Brasil, 2000), o objetivo para o ensino de física é formar uma cultura científica efetiva, permitindo ao indivíduo interpretar fatos, processos e fenômenos naturais, assim como compreender o mundo tecnológico.

Há ainda, nos próprios PCN, uma crítica densa sobre o modo tradicional de ensinar física, de forma não contextualizada, desarticulada com o cotidiano e situações reais, com ênfase em utilizações de fórmulas matemáticas, cujos resultados não são relacionados a seus significados físicos e, cuja avaliação baseia-se em repetições, automatização e resolução de exercícios.

O que se deseja atualmente é a formação de um cidadão, através de uma abordagem contextualizada e integrada à realidade dos alunos, sempre com ênfase nas competências específicas que permitam a este indivíduo lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos.

A partir do PCN+ (Brasil, 2002), documento com orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, o ensino de física foi dividido em temas estruturadores que possuem a função de desenvolver as competências e habilidades desejadas. Sob este olhar, o tema relevante para este trabalho é o **Tema 6: Universo, Terra e Vida**, sendo sua importância assim citada:

“Confrontar-se e especular sobre os enigmas da vida e do universo é

parte das preocupações frequentemente presentes entre jovens nessa faixa etária. Respondendo a esse interesse, é importante propiciar-lhes uma visão cosmológica das ciências que lhes permita situarem-se na escala de tempo do Universo, apresentando-lhes os instrumentos para acompanhar e admirar, por exemplo, as conquistas espaciais, as notícias sobre as novas descobertas do telescópio espacial Hubble, indagar sobre a origem do Universo ou o mundo fascinante das estrelas e as condições para a existência da vida como a entendemos no planeta Terra. (PCN+, p. 78)

O tema estruturador **Universo, Terra e e Vida**, está organizado em três unidades temáticas: Terra e Sistema Solar, O Universo e sua origem e Compreensão humana do Universo, e estas, por sua vez, estão embasadas nas competências que o aluno deve adquirir ao estudá-las. Assim não há, de forma explícita, uma preocupação com a formalização de conceitos e fenômenos físicos pertinentes à astronomia.

Decorrente disso, podemos observar a possibilidade de formação de um cenário não satisfatório para a compreensão da astronomia: em uma primeira análise percebemos que os alunos podem, por vezes, até ter conhecimento sobre fenômenos relacionados à astronomia mas de forma descontextualizada. Esse cenário poderia ser bastante diferente, com a utilização da astronomia como forma de aproximar conceitos por vezes abstratos de assuntos que despertam o interesse dos estudantes. De acordo com Dias e Rita (2008):

Devido ao seu elevado caráter interdisciplinar e à possibilidade de diversas interfaces com outras disciplinas (Física, Química, Biologia, História, Geografia, Educação Artística), os conteúdos de Astronomia podem proporcionar aos alunos uma visão menos fragmentada do conhecimento, pensando mais adiante, esta disciplina ainda poderia atuar como integradora de conhecimentos.

No entanto, sozinho, o aluno pode ter dificuldade em relacionar os fenômenos estudados em outras situações com a astronomia. Esta falta de contextualização favorece que suas dúvidas continuem sem resposta.

Outro fator determinante é que as dúvidas pertinentes à coleta de dados e observações astronômicas não são devidamente sanadas se o aluno não conhecer as ferramentas científicas que possibilitam este conhecimento. Ferramentas essas que incluem equipamentos tecnológicos mas que podem ser trabalhadas com os alunos no âmbito do princípio científico em que seu funcionamento está fundamentado.

## **2.2 A Astronomia e o Currículo Oficial do Estado de São Paulo**

Assim como o que foi descrito como relativo aos PCN, o Currículo de Física do Estado de São Paulo (São Paulo 2010) tem por objetivo trabalhar os conteúdos de modo a estabelecer a formação da cidadania dos alunos, acenando para um modo de trabalho que pretende atender essas necessidades em detrimento de um ensino tradicional.

Nesta perspectiva, o tema astronomia, dentro do currículo oficial vigente no Estado de São Paulo, pertence ao conteúdo relativo ao 2º semestre do 1º ano do ensino médio, sendo parte integrante da temática “Universo, Terra e Vida”, conforme sugere os PCN. Para subsidiar o trabalho em sala de aula, é indicada a utilização do Caderno do Aluno e Caderno do Professor.

A fim de aprofundar um pouco mais o olhar sobre o currículo oficial do Estado de São Paulo, é necessário analisar também o material didático que serve para subsidiar a sua implementação, na medida que apresenta as situações de aprendizagem que devem ser seguidas pelo professor.

As aulas do tema 1 (Universo: elementos que o compõem) são focadas inicialmente no tema Sistema Solar, abrangendo principalmente questões sobre dimensões e distâncias entre objetos astronômicos. Há uma recorrente ênfase para que a abordagem deste tema seja feita a partir de livros e filmes de ficção científica.

Ao finalmente adentrar a Situação de Aprendizagem 5, cujo título é “Um pulinho à Alfa do Centauro”, são abordadas questões sobre as distâncias interestelares, as unidades de medida utilizadas e o conceito de constelações.

Ao fazer uma análise mais detalhada desta Situação de Aprendizagem é possível levantar alguns questionamentos acerca do processo de ensino-aprendizagem. Entendendo que o último

contato que os alunos tiveram com este tema ocorreu nas aulas da disciplina de ciências, relativas ao 8º ano do ensino fundamental, estas foram de um grau de aprofundamento limitado pelo próprio nível de conhecimentos dos alunos. Ao olharmos o Currículo do estado, o tratamento sobre evolução estelar é previsto entre os conteúdos referente ao 1º ano do ensino médio, mas não está contemplado nos materiais de apoio, Caderno do Professor e Caderno do Aluno. Desta forma, não há, de fato, um tratamento formal a respeito das estrelas e dos fenômenos físicos que nelas ocorrem, incluindo a própria definição de estrela.

Ao observar que o ensino médio é o último momento em que muitos alunos terão contato com os conceitos científicos, entende-se que esta é uma lacuna deixada na formação dos mesmos, já que não contempla adequadamente o entendimento dos fenômenos físicos relacionados à astronomia.

Pode-se imaginar que, em uma outra estrutura de trabalho, os fenômenos físicos envolvidos no estudo das estrelas possam ser tratados de forma independente, não necessariamente atrelados em torno da astronomia, porém, também não é isto que se observa.

Assim, perde-se a oportunidade de utilizar a astronomia como uma contextualização pertinente aos interesses dos alunos e passível de um aprofundamento e formalismo científico-matemático, para tratá-la de modo a cumprir um currículo superficial e uma estrutura pré-determinada que não atende aos anseios dos alunos e nem permite um desenvolvimento científico adequado para o nível de ensino em questão.

Dentre os temas tratados neste trabalho, o único que se encontra no rol de conteúdos contemplados para o ensino médio é a espectroscopia, que está inserida no Caderno do Aluno relativo ao 2º semestre do 3º ano do ensino médio. O tema é apresentado nas Situações de Aprendizagem 5 (“Um Equipamento Astronômico”) e 6 (“Astrônomo Amador”), sendo que, nesta última, há a sugestão de uma atividade para a identificação dos elementos químicos presentes em uma estrela, bastante similar a que foi utilizada no produto educacional.

Os demais temas relativos à astronomia e pertencentes ao currículo: “Interação Gravitacional”, “Sistema Solar” e “Origem do Universo e Compreensão Humana” igualmente não contemplam a discussão e compreensão dos fenômenos que ocorrem nas estrelas.

## 2.3 A Astronomia nos livros didáticos para o Ensino Médio

Além do Caderno do Aluno, fornecido pela Secretaria de Educação do Estado de São Paulo, os alunos recebem também o livro didático, através do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM). Sendo assim, faz-se necessária uma análise comparativa deste material para uma avaliação dos recursos disponíveis para o professor.

A Tabela 2.1 traz uma breve comparação entre obras selecionadas do Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), relativo ao ano de 2018.

	Obra 1	Obra 2	Obra 3	Obra 4	Obra 5
Título	Física para o Ensino Médio	Física	Física	Compreendendo a Física	Física aula por aula
Autores	Kazuhito e Fuke	Bonjorno, Clinton, Eduardo Prado e Casemiro	Helou, Gualter e Newton	Alberto Gaspar	Benigno Barreto e Claudio Xavier
Editora	Saraiva	FTD	Saraiva	Ática	FTD
Volume	1	1	1	1	1
Tema relacionado à astronomia	Gravitação	Gravitação Universal	Gravitação	Gravitação	Gravitação

Tabela 2.1: Resumo da análise do tema Astronomia em livros didáticos para o ensino médio selecionados da lista de livros pertencentes ao PNLEM 2018

Ao compará-las fica evidente que todas elas possuem, como único tema relacionado à astronomia, a gravitação universal. Da mesma forma, a abordagem utilizada pelos diversos livros possui muitas similaridades, como discussão e diferenciação dos sistemas geocêntrico e heliocêntrico, passando pelas leis de Kepler e gravitação universal.

Assim sendo, concluímos rapidamente que não há de fato nos materiais disponíveis, nenhum que possa ser utilizado de forma adequada para fins de ensino de astronomia que vá além dos conceitos de gravitação, ou seja, o professor não possui uma rede de suporte para o ensino deste tópico. Esse é mais um fator dificultador para a implementação de trabalhos pedagógicos que

envolvam astronomia.

## 2.4 Revisão bibliográfica: Propostas para o Ensino de Astronomia

Para analisar o ensino de astronomia na educação básica é também necessário observar as produções acadêmicas pertinentes. Segundo Bussi e Bretones (2013), que fazem uma análise dos trabalhos dos ENPECs (Encontros Nacionais de Pesquisas em Educação em Ciências) entre 1997 e 2011, neste período foram apresentados 75 trabalhos relacionados ao ensino de astronomia. Isso evidencia um número crescente de produções ao longo deste período, confirmando a tendência que já havia sido observada claramente em trabalho anterior de Bretones e Megid Neto (2003), cuja análise recai sobre as produções acadêmicas em ensino de astronomia no período de 1973 a 2002.

Ambos os trabalhos enfatizam que uma possível influência para este aumento, que se evidenciou a partir de 1998, seria a inclusão da astronomia na educação através do PCN (Brasil 2000). Em Bussi e Bretones (2013) há ainda a afirmação de que este fator pode ter sido alavancado pelo aumento da oferta de programas de pós-graduação no país.

A análise realizada concluiu que 25,3% dos trabalhos realizados discutiam conteúdo e metodologia em educação e apenas 1,3% deles tratava do tema “Estrelas”.

Apesar do evidente crescimento das produções em educação em astronomia, se comparada ao total de trabalhos apresentados nos ENPECs, estes ainda representam um percentual muito baixo.

Em um estudo mais recente, Soares (2018), analisou as dissertações defendidas no Programa de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física entre os anos de 2014 e 2017, obtendo um crescente número percentual de dissertações relativas a astronomia neste período, para este programa, conforme a Tabela 2.2.

Ano da Defesa	Dissertações em Ensino de Astronomia	Total de Dissertações	Porcentagem de Dissertações em Ensino de Astronomia
2014	4	62	6,45 %
2015	9	119	7,56 %
2016	20	121	16,53 %
2017	9	48	18,75 %

Tabela 2.2: Porcentagem de dissertações sobre ensino de astronomia no MNPEF entre 2014 e 2017. Informações obtidas de Soares (2018).

Através do aumento percentual nas produções relativas a astronomia no programa é possível concluir o crescente interesse dos professores de educação básica em buscar e criar produtos educacionais que atendam as necessidades do aluno e aperfeiçoem a sua própria formação.

Soares (2018) observa que destes trabalhos 88,1% estão direcionados ao ensino médio, enquanto que, segundo Bussi e Bretones (2013), apenas 25,3% dos trabalhos apresentados nos congressos estão voltados para o mesmo segmento.

Desde 2013 também está ativo o Mestrado Profissional em Ensino de Astronomia, no IAG-USP, com a formação de mestres cujas dissertações envolvem a temática da astronomia no ensino e divulgação científica. O curso conta atualmente com 25 egressos. Das 19 dissertações disponíveis na página do programa [MPEA 2018], apenas uma trata especificamente da temática estelar com o uso de observações remotas (excluiu-se aqui dissertações que tratavam unicamente do Sol). Neste trabalho especificamente, publicado em 2017, o autor Messias Fidêncio Neto, propõe atividades didáticas observacionais com telescópios operados remotamente, para duas atividades fotométricas relacionadas a cor e variabilidade da estrela e uma atividade astrométrica, para objetos rápidos, sem no entanto tratar dos fenômenos físicos que ocorrem nas estrelas.

É neste cenário que propusemos o desenvolvimento deste trabalho, buscando contribuir com uma alternativa aos métodos tradicionais de ensino em um tópico tipicamente de interesse dos alunos.

# Capítulo 3

## Fundamentação Teórica

### 3.1 A sequência didática como estratégia

O produto educacional desenvolvido estrutura-se sob a forma de uma sequência didática. Segundo Zabala (1998), a sequência didática é um conjunto de atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais.

Assim, a unidade didática, ou seja, um tema a ser desenvolvido, deve ser estruturada de modo que seja um conjunto de ações que tenha capacidade de estabelecer coerentemente a construção do conhecimento.

Na elaboração de uma sequência didática vários aspectos devem ser contemplados e definidos, tais como: sequência de atividades, o papel do professor e dos alunos, dinâmica de grupos, espaços a serem utilizados, tempo necessário para cada tarefa, organização de conteúdos, materiais utilizados e avaliação desenvolvida.

Entender a intervenção pedagógica exige situar-se num modelo em que a aula se configura como um microssistema definido por determinados espaços, uma organização social, certas relações interativas, uma forma de distribuir o tempo, um determinado uso dos recursos didáticos, etc., onde os processos educativos se explicam como elementos estreitamente integrados neste sistema. (Zabala, 1998)

Deste modo, o produto educacional desenvolvido baseia-se em uma preocupação de procurar caminhos para que a sequência didática pudesse ser trilhada sob o olhar da teoria educacional

de Vygotsky (1991, 2005), possuindo elementos de gamificação e metodologias ativas.

## 3.2 A teoria educacional de Vygotsky

O desenvolvimento deste trabalho ocorreu sob o olhar da teoria de desenvolvimento cognitivo de L. S. Vygotsky, conhecida também como teoria sóciointeracionista. A principal característica da teoria de Vygotsky encontra-se na obrigatória ligação entre o desenvolvimento cognitivo e desenvolvimento social do indivíduo.

Para Vygotsky (2005), o processo de aprendizagem está relacionado às questões sociais, sendo a interação social o principal veículo para a transmissão dinâmica do conhecimento. Vygotsky ainda enfatiza que os processos mentais superiores (pensamento, linguagem e comportamento volitivo) originam-se dos processos sociais.

Segundo Garton (1992, p.11, apud Moreira, 1999, p. 110), “Uma definição de interação social implica um mínimo de duas pessoas intercambiando informações (o par, ou díade, é o menor microcosmo de interação social). Implica também um certo grau de reciprocidade e bidirecionalidade entre os participantes, ou seja, a interação social supõe envolvimento ativo (embora não necessariamente no mesmo nível) de ambos os participantes desse intercâmbio, trazendo a eles diferentes experiências e conhecimentos, tanto em termos qualitativos como quantitativos”. E então, optou-se que os alunos pudessem trabalhar em grupos para que, além da interação aluno-professor, a interação aluno-aluno possa ser elemento enriquecedor desta experiência pedagógica. Este pode ser um ponto positivo já que por vezes observamos no cotidiano escolar que o aluno sente-se mais confortável em expressar suas ideias, seu desencadeamento lógico e mesmo suas dúvidas aos seus pares, em detrimento da relação professor-aluno. É importante salientar que essa inversão de papel, onde um aluno mais capaz interage com um aluno momentaneamente menos capaz, gerando um diálogo temático é enriquecedor para ambos os alunos, e não configura, em hipótese alguma, inferiorização do papel do professor no processo.

Assim posto, as interações sociais também estão relacionadas diretamente aos instrumentos e signos relativos ao tema, e que o mediam. Os instrumentos e signos são construções sócio-históricas e culturais a respeito do tema e a aprendizagem só ocorre pela apropriação destes

instrumentos pelo aprendiz. Tal apropriação só pode ocorrer através da interação social, pois é através desta interação que o aluno capta o significado destes signos, assim como o reutiliza e espera que a sua mensagem seja captada de forma adequada, ou seja, com o mesmo significado que ele próprio recebeu. Assim, percebe-se claramente a importância da interação social para Vygotsky, e que só nela a aprendizagem pode se concretizar.

É então através do diálogo entre os alunos e entre aluno e professor que a aprendizagem se concretiza. Por isso, segundo Vygotsky, a linguagem é o mais importante sistema de signos para o desenvolvimento cognitivo, sendo a fala interna, que regula as ações e comportamentos humanos, aquela que leva à independência em relação ao mundo concreto, ou seja, permite o pensamento abstrato, independente do contexto externo.

Outro ponto importante da teoria de Vygotsky é a zona de desenvolvimento proximal, que pode ser compreendida como a distância entre o nível de desenvolvimento cognitivo real do indivíduo (aquele que o aluno consegue resolver problemas de forma independente) e o nível de desenvolvimento potencial, que é medido pela capacidade de resolver problemas de forma orientada ou com colaborações. Assim, na zona de desenvolvimento proximal encontram-se conceitos e funções cognitivas que estão em fase de maturação.

A zona de desenvolvimento proximal é a região na qual de fato a aprendizagem ocorre, portanto é temporária, estando constantemente em mudança, conforme o aluno adquire novas funções cognitivas.

Podemos então analisar o papel do professor como sendo fundamental para inicialmente identificar a zona de desenvolvimento proximal, e a partir dela, intermediar com os alunos a aquisição dos significados contextualmente aceitos para o tema a ser trabalhado, convertendo as relações sociais em funções mentais superiores.

Assim, unificando os conceitos utilizados por Vygotsky, Moreira (1999, p. 119), afirma:

Este modelo de intercâmbio de significados pouco ou nada diz sobre como se dá a internalização; todavia deixa claro que este intercâmbio é fundamental para a aprendizagem e, conseqüentemente, na ótica de Vygotsky, para o desenvolvimento cognitivo. Sem *interação social* ou sem intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento

proximal, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo. Interação e intercâmbio implicam, necessariamente, que todos os envolvidos no processo ensino-aprendizagem *devam falar* e tenham *oportunidade de falar*.

É importante salientar que, para Vygotsky, os conceitos científicos, ou seja, aqueles aprendidos em situações formais de ensino-aprendizagem, por meio de um sistema organizado de conhecimento, não são aprendidos de forma linear, caracterizando-se inicialmente por definição verbal e aplicação em operações não espontâneas. Assim, para o desenvolvimento dos conceitos científicos é necessário, obrigatoriamente, uma atitude mediada.

Para o desenvolvimento do produto educacional, objeto deste trabalho, a importância da interação social foi utilizada como norteadora em diversos momentos da sequência didática.

A importância do trabalho em pequenos grupos, sem separá-los por níveis cognitivos, possibilita aos mesmos que possam interagir entre si, utilizando-se dos signos pertinentes ao tema. Essa interação acontece em diferentes momentos e em diferentes esferas: em grupos menores durante a realização das atividades e grandes grupos durante a socialização de resultados com os demais grupos. A utilização dos signos, a compreensão de seu significado, assim como sua apropriação é uma construção cognitiva que ocorre durante os diálogos inerentes a interação.

É também através desta interação que se nota uma diferença entre os níveis de desenvolvimento cognitivo dos alunos, sendo que conceitos ou funções que se afirma como nível de desenvolvimento cognitivo real para alguns fazem parte do nível de desenvolvimento proximal para outros, ou seja, ainda pertencem ao rol de funções em desenvolvimento. Segundo Vygotsky, é justamente esta interação entre pares que favorece a transição de uma função ou conceito da zona de desenvolvimento proximal para o desenvolvimento real. É interessante também verificar dentro dos grupos que os alunos podem oscilar em diferentes posições, conforme o assunto de que trata cada dinâmica. Ou seja, o aluno menos capaz dentro de um determinado tema pode ser o aluno mais capaz em outro tema, assumindo dentro de um mesmo grupo um outro papel na interação.

Como dito anteriormente, para a teoria de Vygotsky, a importância da fala e seu desenvolvimento é imenso, partindo do significado da palavra, que envolve tanto o fenômeno da fala

quanto do pensamento, sendo impossível dissociar ambos os fenômenos, apesar de distintos, como descrito:

O significado das palavras é um fenômeno de pensamento apenas na medida em que o pensamento ganha corpo por meio da fala, e só é um fenômeno da fala na medida em que esta é ligada ao pensamento, sendo iluminada por ele. É um fenômeno do pensamento verbal, ou da fala significativa - uma união da palavra e do pensamento. (Vygotsky, 2005)

É importante ainda ressaltar que a internalização da fala é fundamental para o pensamento abstrato flexível, sendo este extremamente necessário para a realização de ações complexas e resoluções de problemas não diretos. O desenvolvimento da fala ocorre através da sequência: fala social (com fins de comunicação), fala egocêntrica (com fins de mediação de ações) e finalmente fala interna. Assim, observando as trocas entre os pares, em pequenos grupos, ficam evidentes todas essas etapas, o que nos leva à “Lei de Dupla Formação” de Vygotsky, assim citada por Moreira (1999):

[...] Isso significa que às funções mentais superiores aplicar-se-ia a Lei de Dupla Formação, de Vygotsky: no desenvolvimento cultural da criança toda função aparece duas vezes - primeiro, em nível social, e, depois, em nível individual; primeiro entre pessoas (interpessoal, intrapsicológica) e, depois, se dá no interior da própria criança (intrapessoal, intrapsicológica).

A escrita pode então, ser considerada a exposição da fala interna do aluno, o que justifica possuir tamanha relevância nos processos de avaliação. Neste trabalho, é também um dos modos de avaliação utilizados.

Finalmente, podemos entender a sequência didática orientada pelas concepções educacionais de Vygotsky, pelo que afirmou Zabala (1998):

Assim, concebe-se a intervenção pedagógica como uma ajuda adaptada ao processo de construção do aluno; uma intervenção que vai criando

Zonas de Desenvolvimento Proximal (Vygotsky, 1979) e que ajuda os alunos a percorrê-las. Portanto, a situação de ensino e aprendizagem também pode ser considerada como um processo dirigido a superar desafios, desafios que possam ser enfrentados e que façam avançar um pouco mais além do ponto de partida. É evidente que este ponto não está definido apenas pelo que se sabe. Na disposição para a aprendizagem – e na possibilidade de torná-la significativa – intervêm, junto às capacidades cognitivas, fatores vinculados às capacidades de equilíbrio pessoal, de relação interpessoal e de inserção social.

## 3.3 Gamificação na Educação

Gamificação é o termo que indica o ato de utilizar-se de elementos pertinentes ao mundo de jogos (*games*) em situações que, a priori, seriam totalmente alheias a esta ideia.

A gamificação é definida por Marczewski (2013), como “A aplicação das metáforas do *game* em contextos de não *game* para influenciar comportamento, aumentar a motivação e aumentar o engajamento” (apud STUDART, 2015). Assim, a gamificação na educação é utilizada como estratégia para atrair o interesse dos alunos, visto que, na faixa etária em que se encontram, grande parte deles está habituada com os elementos pertinentes ao *game*.

É importante salientar que apesar de ter caráter lúdico, a gamificação não possui caráter de diversão e jogabilidade, ou seja, os objetivos e metas que se deseja alcançar devem estar claros e sempre atrelados ao conhecimento.

Ao elaborar uma estratégia de jogo para a sequência didática, o que se objetiva é que alguns elementos pertencentes ao *game* possam servir de alavanca para o envolvimento dos alunos na sequência didática. O caráter lúdico envolvido pela ideia de um jogo transforma o conjunto de ações que se deve realizar durante a aula em um desafio motivador, ao contrário da ideia inicial de uma tarefa desagradável, que muitos alunos têm ao se referir às atividades pedagógicas.

Na gamificação também temos, como um produto desejável, a maior interação dos alunos dentro do grupo, onde a meta de atingir a pontuação máxima passa a mover todos os integrantes do grupo de modo a realizarem as atividades de forma mais ativa e colaborativa. Ao mesmo

tempo, a pontuação do jogo tem como papel principal servir como avaliação de desempenho qualitativo dos alunos em cada etapa do jogo, orientando o professor sobre os níveis de conhecimento atingidos pelo grupo.

Na sequência didática objeto deste trabalho, utilizou-se dos seguintes elementos de jogo: regras, objetivo, competição, desafio, colaboração entre membros do mesmo grupo e entre grupos, metas e interação, aproximando-se de um exemplo de uma gamificação do tipo estrutural, onde se utiliza de elementos de game sem, no entanto, alterar a estrutura da metodologia que se deseja ensinar.

Assim, define-se o produto educacional ora apresentado como uma sequência didática que utiliza-se de elementos de jogos.

## 3.4 O ensino por investigação

No produto deste trabalho também foram utilizadas atividades investigativas para o desenvolvimento da sequência didática.

O ensino por investigação atualmente perdeu o caráter científico, com metodologias de reprodução e repetição, tendo maior preocupação com o desenvolvimento cognitivo dos alunos, incluindo habilidades como elaboração de hipóteses, organização na coleta e sistematização de dados e argumentação.

Em seu artigo “Atividades Investigativas no ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens”, Zômpero e Laburu (2011) fazem uma análise do olhar de diversos autores para o ensino por investigação e através deste trabalho é possível chegar a algumas generalizações referentes àquilo que norteia esta definição:

[...] Os autores citados admitem que para uma proposta investigativa deve haver um problema para ser analisado, a emissão de hipóteses, um planejamento para a realização do processo investigativo, visando a obtenção de novas informações, a interpretação dessas novas informações e a posterior comunicação das mesmas.

Assim posto, é consenso que a atividade educacional investigativa deve partir de uma questão

problema, passar por um levantamento de hipóteses e gerar uma ação por parte dos alunos.

Quanto à questão a ser trabalhada, é importante que a mesma seja escolhida a partir do interesse dos próprios alunos para que, por si só, sejam questões motivadoras para o desenvolvimento das atividades. Além disso, as atividades devem de fato propiciar novos conhecimentos aos alunos, já que não há o que ser investigado em uma atividade ou assunto conhecido. No entanto, é importante que os conceitos e funções cognitivas a serem trabalhados na atividade pertençam à zona de desenvolvimento proximal dos alunos, ou seja, possuam nível de dificuldade adequado para os alunos.

De acordo com Borges (2002), citado em Zômpero e Laburú (2011), as atividades investigativas envolvem sempre mais que uma mera resolução de exercício realizada através de uma fórmula matemática ou outra atividade que seja habitual para o aluno. Há ainda a visão de outros autores, que salientam outras características do ensino por investigação, como a sequência: observar, classificar, inferir ou ainda o contato com metodologia científica e até mesmo a possibilidade de tomada de decisão.

Conclui-se portanto, que a análise de diversos autores quanto ao ensino por investigação diverge em alguns pontos, porém todos atribuem ênfase ao papel ativo do aluno que deve agir e inferir nas diversas etapas do trabalho.

[...] é possível perceber maneiras distintas de se desenvolverem as atividades investigativas com os alunos, no que se refere às diferentes abordagens que tais atividades apresentam. Vimos que não há um consenso entre os pesquisadores desta área sobre esta perspectiva de ensino. No entanto, como apresentamos, existem abordagens com pontos de convergência no que se refere às características para atividades investigativas. (Zômpero & Laburú, 2011)

A proposta do produto educacional elaborado possui uma sequência de passos de forma a criar as condições necessárias para uma atividade investigativa, na medida em que propõe questões, solicita levantamento de hipóteses, introduz uma atividade a ser desenvolvida e solicita conclusões e generalizações a respeito da mesma.

# Capítulo 4

## O Produto Educacional

O produto educacional é uma sequência didática dedicada ao ensino de questões introdutórias para a compreensão dos fenômenos que ocorrem nas estrelas, utiliza-se de elementos de gamificação educacional e metodologias ativas como estratégia de ensino.

A descrição detalhada do produto educacional na forma de um guia para o professor encontra-se no Apêndice A desta dissertação.

No desenvolvimento da sequência didática foram estabelecidos quatro temas que norteiam as atividades desenvolvidas, incluindo dinâmicas que propõem metodologias investigativas no processo de aprendizagem. A divisão de cada um dos temas, assim como os conceitos básicos e atividades desenvolvidas em cada aula, consta na tabela 4.1.

A escolha de temas ocorreu em função de serem questões introdutórias para a compreensão dos fenômenos físicos que ocorrem nas estrelas, tendo sido escolhidos os temas a seguir:

1. Brilho;
2. Energia;
3. Espectroscopia;
4. Observação Virtual;

A cada um dos temas foram dedicadas duas aulas, mais uma aula introdutória e uma aula para finalização, resultando portanto em uma sequência didática de 10 aulas.

A cada tema foram estabelecidos três momentos distintos:

Aula	Tema	Questão Norteadora	Conceitos Envolvidos	Avaliação
1	Introdução	-	Formação de estrelas e evolução estelar	Avaliação Diagnóstica
2	Brilho	Por que o Sol é uma estrela mais brilhante que as demais?	Magnitudes, Fluxo de luz, Unidades de medida de distância utilizadas em astronomia, Paralaxe	Gráfico do brilho aparente em função da distância
3				Tarefa Final - Questões relativas ao tema
4	Energia	Qual a origem da energia produzida nas estrelas?	Fusão nuclear, Cadeia PP, Equivalência matéria-energia	Montagem das reações nucleares da cadeia PP
5				Tarefa Final - Questões relativas ao tema
6	Espectroscopia	Como sabemos qual elemento químico existe na estrela?	Estrutura atômica, Espectros de emissão	Observação e reprodução de espectros
7				Tarefa Final - Questões relativas ao tema
8	Observação Virtual	Como classificar as estrelas através do diagrama HR?	Magnitude, Índice de cor, Temperatura da estrela	Coleta de Dados da observação virtual
9				Localização da estrela no diagrama HR
10	Finalização	-	-	Avaliação Final e Avaliação do Curso

Tabela 4.1: Resumo da estrutura do produto educacional, onde cadeia PP se refere à fusão entre dois prótons (vide Seção A.4), e Diagrama H-R é o gráfico onde se comparam luminosidade e temperaturas estelares(vide Seção A.6).

#### 4.1. INTRODUÇÃO

---

\* Questão norteadora:

Uma questão relacionada ao tema é colocada em discussão e os alunos devem, em grupos, levantar hipóteses para a resposta da questão.

\* Realização das dinâmicas:

Inclui montagem da dinâmica, coleta de dados e realização de uma tarefa inicial relacionada ao tema em questão.

\* Conclusões:

As conclusões são realizadas com a sistematização do conhecimento pelo professor e realização das tarefas finais pelos alunos.

## 4.1 Introdução

No início da aula introdutória foram estabelecidas as regras do jogo educacional, assim como foram organizados os grupos de trabalho. Para iniciar a competição os alunos foram solicitados a entregar a avaliação diagnóstica que os alunos receberam previamente. A pontuação referente a esta tarefa foi estabelecida conforme o número de avaliações entregues.

Como introdução ao curso, nesta aula foram tratadas, de forma meramente informativa, questões básicas como o nascimento de uma estrela e seu ciclo de vida, utilizando-se de um vídeo educacional e imagens selecionadas.

## 4.2 Tema 1 - Brilho

**Questão norteadora: “Por que o Sol é uma estrela mais brilhante que as demais?”**

A partir da questão norteadora os alunos foram convidados a elaborar uma hipótese e então se iniciou a primeira dinâmica, que consistia em coletar dados a respeito do brilho aparente de lâmpadas de diferentes potências em distâncias fixas.

Como tarefa inicial os alunos deveriam elaborar os gráficos da variação do brilho em função da distância conforme os dados coletados.

Na aula seguinte os alunos inicialmente socializaram suas conclusões e então foi feita a sistematização do conhecimento, onde foram tratados assuntos como, distâncias astronômicas e as unidades de medida adequadas para este fim, assim como o conceito de paralaxe para o entendimento de como é medida a distância das estrelas e, enfim, magnitude aparente e absoluta.

Como tarefa final os alunos responderam, em grupos, a questões relativas ao tema.

## 4.3 Tema 2 - Energia

**Questão norteadora: “Qual a origem da energia produzida nas estrelas?”**

A discussão ao tema iniciou-se com a questão norteadora e o levantamento de hipóteses pelos grupos dos alunos. Para conduzir a dinâmica a professora fez uma explanação básica do conteúdo, relacionando a síntese de elementos à produção de energia. Então os alunos iniciaram a dinâmica que tinha como objetivo que eles construíssem, a partir de fichas representativas de núcleos atômicos e partículas envolvidas na síntese de elementos da cadeia PPI, equações ou cadeia de equações coerentes.

Como tarefa inicial os alunos deveriam anotar as suas tentativas, tentando indicar de suas tentativas quais equações pareciam mais coerentes e quais as incoerências observadas, já que os alunos estão acostumados com o universo da física clássica e conseqüentemente com as conservações de carga elétrica e massa.

Na aula seguinte os alunos inicialmente socializaram suas conclusões e então foi feita a sistematização do conhecimento, onde foram tratados assuntos como fusão nuclear e equivalência matéria-energia.

Como tarefa final os alunos responderam, em grupos, a questões relativas ao tema.

## 4.4 Tema 3 - Espectroscopia

**Questão norteadora: “Como sabemos qual elemento químico existe na estrela?”**

A questão norteadora parte de um questionamento dos próprios alunos, já que desde o tema anterior já foram feitas afirmações a respeito dos elementos químicos existentes nas estrelas. Os alunos então foram solicitados a anotar suas hipóteses.

A dinâmica apresentou aos alunos diversas lâmpadas diferentes e os alunos, com a ajuda de espectroscópios, deveriam observar os diversos espectros, tendo como tarefa inicial a reprodução e diferenciação entre os espectros observados.

A sistematização do conhecimento ocorreu inicialmente com a discussão sobre a estrutura atômica dos diversos elementos, passando pelo processo de absorção quantizada de energia por um elétron que ao retornar a sua camada de origem emite um fóton, finalizando com a discussão sobre o espectro ser uma identificação do elemento químico. Mas é importante informar aos alunos que a temperatura da estrela pode influenciar neste processo, já que em estrelas de baixa temperatura os fótons podem não ter energia suficiente para excitar os elétrons pertencentes a um determinado tipo atômico, enquanto que em estrelas de mais altas temperaturas determinados elementos podem estar ionizados, ou seja, não há elétrons nas camadas eletrônicas para realizar a transição.

Como tarefa final, além de responder a questões sobre o tema os alunos receberam o espectro de algumas estrelas a fim de identificarem os elementos químicos presentes em cada estrela.

## 4.5 Tema 4 - Observação Virtual

**Questão norteadora: “Como classificar uma estrela através do diagrama HR?”**

As aulas referentes a este tema foram realizadas no laboratório de informática. Inicialmente os alunos foram convidados a se familiarizar com o *software* VIREO, um Observatório Educacional Virtual, que consta de um banco de dados para simulação da observação de estrelas sendo, portanto, uma observação virtual.

#### 4.6. FINALIZAÇÃO

---

Os alunos receberam uma lista de estrelas com suas coordenadas de declinação e ascensão reta, para serem localizadas através do programa de computador.

A partir da localização, os alunos puderam obter para cada estrela as medidas das magnitudes nas bandas U, B e V, que correspondem respectivamente às faixas do ultravioleta, do visível e do azul no espectro eletromagnético, para que, de posse destes dados, calculem a magnitude absoluta e o índice de cor da estrela e por meio deste, estimem sua temperatura.

A partir destas informações na tarefa final os alunos deveriam identificar a cor da estrela para escolher a etiqueta adequada e encontrar no Diagrama HR a localização correta de cada estrela.

## 4.6 Finalização

Na aula final foi feito o encerramento do jogo com premiação simbólica e os alunos foram solicitados a responder a avaliação final e fornecer suas impressões a respeito de vários aspectos do produto educacional aplicado.

# Capítulo 5

## A Aplicação do Produto

### 5.1 A escola e os alunos

A escola escolhida para a aplicação do produto foi a “Escola Estadual Carlos Augusto de Freitas Villalva Junior”, localizada no bairro do Jabaquara, zona sul da cidade de São Paulo. Esta escola é uma escola de ciclo único, atendendo exclusivamente alunos de ensino médio. É uma escola de porte grande, com 45 turmas de ensino médio, distribuídas por três períodos distintos de aula.

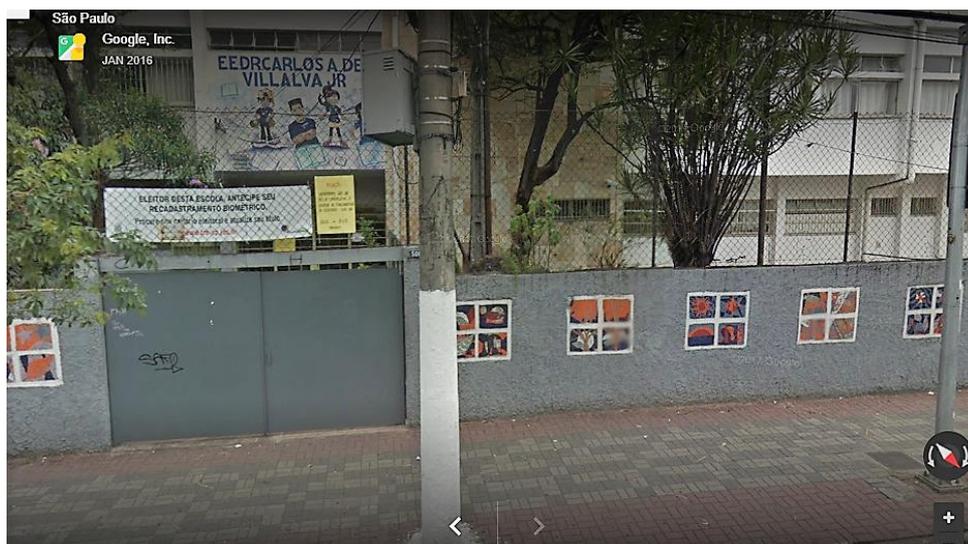


Figura 5.1: Fachada da escola “E.E. Dr Carlos Augusto de Freitas Villalva Junior”.

Participaram da aplicação do produto alunos do 2º ano do ensino médio, que demonstraram

## 5.2. CRONOGRAMA

---

interesse no ensino de astronomia, porém foi preciso sortear as salas participantes para que o número de alunos não ultrapassasse 25, número considerado limite máximo para boa aplicação do produto. Assim a turma participante do projeto foi formada por alunos que optaram pelo curso, e nem todos se conheciam anteriormente.

A aplicação do produto ocorreu no contra-turno das aulas dos alunos participantes, que pertenciam ao período da manhã. Ou seja, o curso aconteceu no início da tarde, durante os meses de maio e junho de 2018. Nas quatro primeiras semanas as aulas ocorreram no laboratório de física e nas últimas aulas foi utilizado o laboratório de informática.



Figura 5.2: Dependências da escola utilizadas na aplicação do produto. À esquerda, o laboratório de física e à direita, o de informática.

## 5.2 Cronograma

A sequência didática em pauta dividiu-se em 5 semanas, com 2 aulas a cada semana, totalizando 10 aulas. A sequência didática foi dividida em 4 temas principais, conforme o cronograma abaixo:

Semana 1:

Aula 1) Introdução às estrelas

Aula 2) Tema 1: Brilho - parte 1

Semana 2:

Aula 1) Tema 1: Brilho - parte 2

Aula 2) Tema 2: Energia - parte 1

Semana 3:

Aula 1) Tema 2: Energia - parte 2

Aula 2) Tema 3: Espectroscopia - parte 1

Semana 4:

Aula 1) Tema 3: Espectroscopia - parte 2

Aula 2) Tema 4: Observação Virtual - parte 1

Semana 5:

Aula 1) Tema 4: Observação Virtual - parte 2

Aula 2) Conclusões e Avaliação do curso

## 5.3 Semana 1

### *Aula 1) Introdução às estrelas*

A primeira aula desta semana foi dedicada a apresentar aos alunos a estrutura do curso assim como as regras do jogo. Os alunos formaram os grupos e escolheram o nome do mesmo. Então entregaram as avaliações diagnósticas para que o jogo fosse iniciado, assim como a discussão efetiva dos assuntos.

Além disso os alunos assistiram um vídeo introdutório sobre as estrelas que discorria brevemente sobre evolução estelar, focando principalmente no nascimento da estrela, demonstrando que alguns elementos químicos presentes na estrela vieram da nuvem primordial, não sendo todos os elementos presentes na estrela sintetizados na mesma.

### *Aula 2) Tema 1: Brilho - parte 1*

Este tema possuía a seguinte questão norteadora: "Por que o Sol é uma estrela mais brilhantes que as demais?", e então foi solicitado aos alunos que fizessem um levantamento das hipóteses. Na sequência os alunos realizaram a dinâmica que consistia na coleta de dados sobre o brilho aparente de algumas lâmpadas (figura 5.3), e de posse destes dados eles deveriam montar o gráfico do brilho em função da distância para duas lâmpadas de potência diferentes.



Figura 5.3: Aplicação da Dinâmica 1, na qual foram coletados os dados sobre a variação do brilho de uma lâmpada em função da distância.

## 5.4 Semana 2

### *Aula 1) Tema 1: Brilho - parte 2*

Inicialmente os alunos socializaram suas impressões sobre o tema, relacionando a hipótese levantada com a dinâmica realizada. Houve então a sistematização do conhecimento e os alunos responderam às questões da tarefa final.

### *Aula 2) Tema 2: Energia - parte 1*

Para introduzir este tema a questão norteadora foi: “Qual é a origem da energia produzida nas estrelas?”. Após o levantamento de hipóteses pelos grupos e explanação da professora sobre a síntese de novos elementos e a produção de energia que ocorre nas estrelas, os alunos receberam as fichas relativas à segunda dinâmica. As fichas fazem referência aos núcleos atômicos e partículas envolvidas na síntese de hélio cadeia PPI, e de posse delas os alunos deveriam tentar obter uma equação ou sequência de equações coerentes para obter um núcleo de hélio 4 a partir de 6 prótons, registrando as possíveis respostas e as inconsistências de sua resposta (figura 5.4).

## 5.5 Semana 3

### *Aula 1) Tema 2: Energia - parte 2*



Figura 5.4: Aplicação da dinâmica 2, na qual os alunos deveriam tentar reproduzir as equações pertinentes à fusão nuclear das estrelas.

A aula iniciou-se com os alunos socializando suas respostas referentes a tarefa da semana anterior e explicitando suas dificuldades perante a mesma. Após esta etapa houve a sistematização do conhecimento, com ênfase em que a geração de energia na estrela provém da diferença de massas durante o processo de fusão nuclear. Ao final desta aula os alunos tiveram uma tarefa com questões a serem respondidas.

### *Aula 2) Tema 3: Espectroscopia - parte 1*

Para este tema houve a seguinte questão norteadora: “Como sabemos qual elemento químico existe na estrela?”. A partir desta questão houve uma breve discussão observando que nas dinâmicas anteriores demos por certa a existência de determinados elementos químicos nas estrelas, portanto a questão levantada convida o aluno a repensar essa convicção.

Os alunos foram então convidados a observar, através de espectroscópios simples, o espectro de várias lâmpadas e identificar diferenças entre elas, tentando reproduzi-las (figura 5.5).

## 5.6 Semana 4

### *Aula 1) Tema 3: Espectroscopia - parte 2*

Esta aula iniciou-se com os alunos revendo os espectros das lâmpadas através dos espectrôme-



Figura 5.5: Aplicação da dinâmica 3, onde os alunos deveriam observar e diferenciar o espectro de diferentes lâmpadas.

tros. Na sequência foi feita a sistematização do conhecimento, desde a estrutura atômica, chegando ao espectro de emissão como uma característica única de cada elemento.

Como tarefa final os alunos receberam o espectro de uma estrela aleatória para tentarem descobrir quais elementos químicos estavam presentes em cada estrela e também tiveram que responder perguntas teóricas a respeito do tema (figura 5.6).



Figura 5.6: Aplicação da dinâmica 3 - Finalização.

### ***Aula 2) Tema 4: Observação Virtual - parte 1***

O objetivo desta aula era uma observação remota virtual das estrelas para posterior classificação através do diagrama HR. Esta aula ocorreu então, no laboratório de informática, onde os alunos tiveram acesso ao *software* utilizado para familiarizarem-se com a coleta de dados e entendessem a necessidade da sequência de comandos utilizados (figura 5.7).

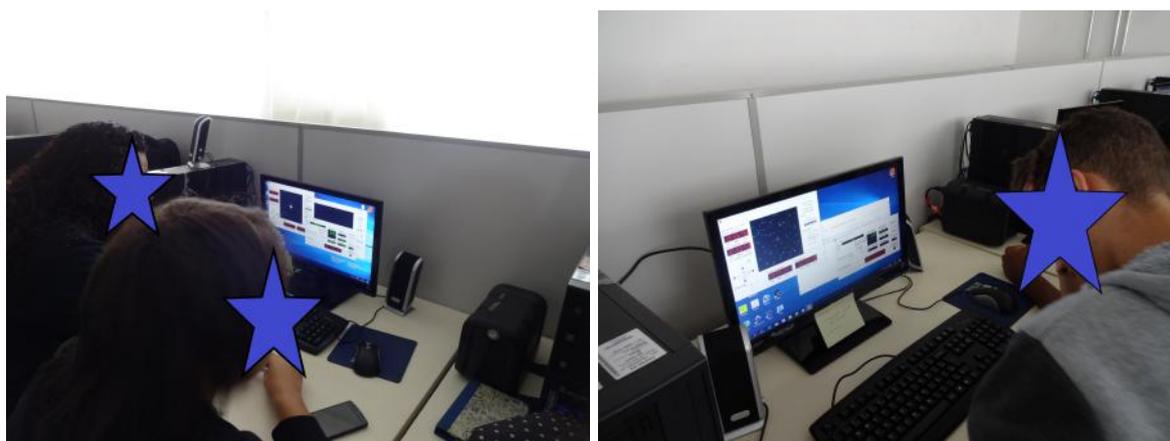


Figura 5.7: Aplicação da dinâmica 4, onde houve uma simulação de observação remota.

## 5.7 Semana 5

### *Aula 1) Tema 4: Observação Virtual - parte 2*

Novamente no laboratório de informática, cada grupo recebeu uma lista de estrelas para serem observadas. Após a coleta de dados, os alunos tinham que escolher etiquetas coloridas que representassem corretamente a cor da estrela e com estas etiquetas representá-las no Diagrama HR, conforme visto na figura 5.8.



Figura 5.8: Aplicação da dinâmica 4 - Finalização.

### *Aula 2) Finalização e Avaliação do curso*

Após a avaliação qualitativa da dinâmica de observação e classificação das estrelas no diagrama HR, foram atribuídos aos grupos a pontuação relativa a última dinâmica e então houve o

último movimento de pinos no tabuleiro, definindo então a competição. A equipe vermelha foi a equipe campeã. Em segundo lugar as equipes azul e amarela ficaram empatadas, seguidas pela equipe verde. É importante observar que apesar da classificação, todas as equipes atingiram o objetivo de se tornar uma "super gigante".

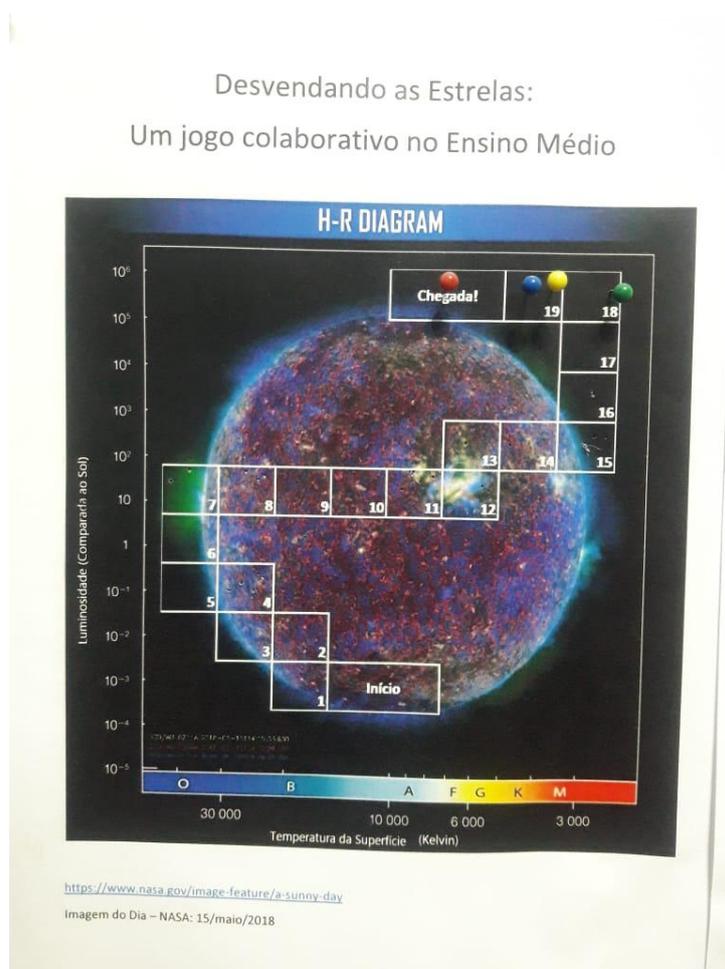


Figura 5.9: Foto do tabuleiro ao final do jogo. A equipe vermelha foi a vencedora do jogo.

Então, o restante da aula foi reservado para que os alunos respondessem à avaliação final e também uma avaliação sobre o produto educacional.

# Capítulo 6

## Discussão dos Resultados

### 6.1 Tarefas realizadas durante a aplicação do produto

Esta seção tem o objetivo de avaliar as atividades realizadas pelos alunos, em grupos, a cada tema trabalhado, durante a aplicação do produto. Estas tarefas envolviam as atividades experimentais e os conceitos trabalhados logo após a sistematização do conhecimento.

Após cada avaliação em grupo os alunos tiveram a oportunidade de discutir os resultados obtidos e portanto estas avaliações não foram consideradas para fins de avaliação quantitativa, sendo utilizadas apenas nas avaliações qualitativas para pontuação no jogo em que a estrutura pedagógica está inserida.

#### *Tema 1 - Brilho*

A tarefa inicial para este tema estava relacionada à coleta de dados da atividade experimental e posterior elaboração de gráfico para entender a relação entre brilho e distância.

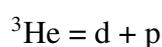
A coleta de dados ocorreu tranquilamente e não houve problemas para o preenchimento das tabelas, porém um dos grupos não fez corretamente o gráfico, tendo optado por um gráfico de barras, que seria mais adequado para uma grandeza discreta e não contínua, como o caso de luminosidade, como consequência os alunos não fizeram a conclusão desejada a partir do gráfico, tendo relacionado a questão norteadora à resposta apenas após a discussão.

Referente à tarefa final, os alunos compreenderam a diferença entre magnitude absoluta e magnitude aparente, mas alguns tiveram dificuldade de discorrer sobre o assunto. Também

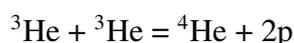
foi muito satisfatória a explicação sobre o ano-luz, onde os alunos discorreram corretamente, conceituando o ano-luz como unidade de distância e seu significado físico.

### ***Tema 2 - Energia***

A tarefa inicial, que consistia em utilizar fichas para tentar montar as equações referente às reações de fusão nuclear da cadeia PPI, foi uma das tarefas mais debatidas em todo o curso. Inicialmente os alunos montaram equações bem simples, como:



Quando questionados sobre a simplicidade da equação encontrada em contrapartida à complexa ideia de fusão nuclear, eles começaram a se arriscar mais, surgindo, por exemplo, uma sequência de equações, cuja conclusão foi:



Apesar de, como esperado, os alunos não conseguirem atingir a complexidade das equações de fato, eles conseguiram perceber que não poderia haver conservação de massa, o que inicialmente causou grande desconforto na montagem das equações.

Em contrapartida, as respostas dadas à tarefa final deste tema indicam que houve compreensão do fenômeno de fusão em si, mas não ficou claro para os alunos que a energia gerada pela estrela advém da diferença de massa decorrente dos processos de fusão nuclear.

### ***Tema 3 - Espectroscopia***

Para este tema os alunos deveriam diferenciar o espectro emitido por diversas lâmpadas e também descobrir os elementos químicos presentes em algumas estrelas, através de seus espectros de emissão. Estas tarefas foram muito bem recebidas pelos alunos e cumpridas sem dificuldade.

Quanto à tarefa final, os alunos tiveram dificuldades em formalizar a explicação da espectroscopia, tendo confundido termos como fóton, luz e energia, mas as respostas indicaram que houve entendimento sobre a emissão do fóton a partir da mudança de orbital do elétron, assim

como o espectro de emissão como um fator identificador do elemento químico, apesar de não saberem nomear o fenômeno ocorrido neste processo.

### *Tema 4 - Observação*

A tarefa de observação foi cumprida com êxito por todos os grupos participantes, assim como a tarefa de localizar cada estrela no diagrama HR.

## **6.2 A Avaliação Final**

A avaliação final que foi aplicada aos alunos que participaram do curso pode ser encontrada na íntegra no Apêndice E deste trabalho.

Para a discussão dos resultados referentes à avaliação final do curso, as questões foram agrupadas em temas e foi feito um comparativo com as respostas dadas na avaliação diagnóstica. Apesar das questões das duas avaliações não serem as mesmas, é perfeitamente possível através desta análise verificar se o conhecimento dos alunos sobre o tema evoluiu ou não.

### *Questões Gerais*

As questões classificadas como gerais constam na tabela 6.1 e são aquelas que não se referiam a nenhum dos temas trabalhados nas dinâmicas, mas que eram pertinentes aos conhecimentos básicos referente ao estudo das estrelas.

<b>Avaliação Diagnóstica</b>	<b>Avaliação Final</b>
O que é uma estrela?	O que é uma estrela?
Qual o formato de uma estrela?	Como se forma uma estrela?
O que é o Sol?	Comente sobre o ciclo de vida das estrelas.

Tabela 6.1: Questões gerais relativas à estrela apresentadas nas avaliações diagnóstica e final.

A partir da avaliação diagnóstica, podemos fazer a seguinte análise:

A questão com maior índice de acertos foi a questão “O que é o Sol?”, onde 95,2% dos alunos responderam corretamente que o Sol é uma estrela, sendo que grande parte dos alunos

estendeu sua resposta fazendo comentários sobre a posição do Sol no Sistema Solar ou em relação à Terra.

Para o formato da estrela, 19% dos alunos não souberam opinar, assim como 19% indicou a estrela como tendo formatos diversos com pontas. O formato esférico foi indicado por 62% dos alunos, demonstrando o entendimento sobre a origem da estrela a partir da atração gravitacional.

A pergunta mais significativa da avaliação diagnóstica era a primeira, que questionava o que de fato é uma estrela. Para esta questão, 33,3% dos alunos fizeram definições incoerentes e que não traziam nenhuma característica significativa da estrela. Para 23,8% dos alunos a definição foi baseada na constituição da estrela, citando em sua definição o fato da estrela ser formada por gases, e finalmente 42,9% dos alunos fizeram suas definições baseadas no fato da estrela ser capaz de produzir luz. É curioso o fato de que nenhum aluno utilizou em sua definição para a estrela ambas as características. Mas temos, portanto, um resultado expressivo de 66,5% dos alunos conhecendo pelo menos uma característica importante da estrela.

Os resultados obtidos para esta questão da avaliação diagnóstica é que nos permite notar a evolução do aluno, quando comparada aos resultados obtidos na avaliação final, onde 80% dos alunos que responderam sinalizaram que o fator que define a estrela é a produção de energia em seu interior. Apesar de poucos alunos utilizarem de fato o termo fusão nuclear, nota-se fortemente a clareza sobre o que define a estrela. Estranhamente, 20% dos alunos não responderam esta questão, em contrapartida a 100% de respostas obtidas na avaliação diagnóstica. Esta incoerência pode indicar que parte dos alunos estão em processo de reavaliação de seu conceito prévio, ou seja, transformando seu conceito anterior em conceito científico.

A avaliação final trouxe ainda uma questão sobre a formação das estrelas. Novamente obtivemos 6,6% dos alunos que não responderam. Todo o restante, 93,4% dos alunos, citaram que a origem das estrelas se dá em uma nuvem de poeira e gás, ou seja, salientaram a constituição das estrelas, sendo que destes, 50% destes também citaram que a atração gravitacional dentro desta nuvem é que possibilitará a formação da estrela.

Para o ciclo de vida das estrelas 100% dos alunos demonstrou compreensão no ciclo de vida da estrela como a sequência nascer, desenvolver e morrer, sendo 60% deles capaz de citar algum tipo de detalhamento como colapso gravitacional, explosão, situação de anãs ou gigantes, ou ainda utilizou corretamente termos como “buraco negro” ou “estrela de nêutrons”. Sendo o

grupo de alunos em questão um grupo selecionado através de interesse pessoal, possivelmente a utilização destes termos indica que os mesmos já tiveram contato com estes termos em pesquisas realizadas por motivação própria.

<b>Avaliação Final - Questões Gerais</b>		
<b>Item</b>	<b>Resposta</b>	<b>%</b>
Formação de Estrela	A partir de uma nuvem de gás e/ou poeira	46,7%
	A partir de uma nuvem de gás e/ou poeira que sofre atração gravitacional	46,7%
	Não respondeu	6,6%
Definição de Estrela	Relacionada à fusão nuclear / produção de energia	80,0%
	Outras Respostas / Não respondeu	20,0%
Ciclo de Vida da Estrela	Reconhece o ciclo “Nasce - Desenvolve - Morre”	40%
	Reconhece o ciclo “Nasce - Desenvolve - Morre” e consegue detalhar parte do processo	60%

Tabela 6.2: Porcentagem de respostas dadas na avaliação final para as questões gerais relativas à estrela.

### ***Questões relacionadas ao tema magnitude***

As questões relativas a este tema são aquelas que tratavam de alguma forma sobre o brilho das estrelas e também a distância das estrelas e unidades de medida de distância utilizadas em astronomia, conforme a tabela 6.3.

Na tabela 6.4 consta a síntese das porcentagens de respostas dadas pelos alunos para a avaliação final deste tema.

Para este tema, duas questões foram apresentadas tanto na avaliação diagnóstica como final. O intuito era de verificar se houve evolução no conhecimento que o aluno possuía a respeito do tema.

A questão “Por que durante o dia não vemos estrelas?” foi respondida corretamente por 76,2% dos alunos, indicando que o “brilho” do Sol é que nos impede de ver as demais estrelas, contra 14,3% dos alunos que não responderam. Portanto a análise referente a esta questão

Avaliação Diagnóstica	Avaliação Final
Qual é a distância da Terra ao Sol? A distância da Terra às outras estrelas é a mesma? Comente.	Qual é a distância da Terra ao Sol? A distância da Terra às outras estrelas é a mesma? Comente.
Por que durante o dia não vemos estrelas?	O que é um ano-luz?
Por que algumas estrelas brilham mais que as outras?	Por que algumas estrelas aparentemente brilham mais que as outras?
	Por que é comum o comentário de que ao olharmos o céu estamos olhando o passado?

Tabela 6.3: Questões relativas ao tema magnitude apresentadas nas avaliações diagnóstica e final.

mostrou que a maioria dos alunos já possuía conhecimentos suficientes para compreender a questão das magnitudes. Para esta questão 9,5% dos alunos afirmaram ver uma estrela durante o dia: o Sol, mostrando que a questão deveria ter sido melhor formulada.

Para o questionamento sobre o porquê de algumas estrelas brilharem mais que outras, 23,8% não responderam, enquanto 33,4% atribuíram este fato à composição das estrelas, contra 42,8% que se dividiu em fatores como temperatura, idade, tamanho e distância.

A questão mais interessante a ser analisada é referente a distância da Terra ao Sol, onde 76,2% dos alunos não responderam ou não souberam responder na avaliação diagnóstica, porém na avaliação final este índice diminuiu para 13,3% dos alunos. Assim como a resposta correta, da ordem de  $10^8$  km ou  $10^{11}$  m aumentou, de 23,8% para 86,7%. O mesmo acontece para a distância da Terra às outras estrelas, onde apenas 28,6% dos alunos responderam que as outras estrelas estão mais distantes que o Sol, contra 71,4% que não responderam a questão ou tiveram respostas incoerentes. Ao final do curso 80% dos alunos indicaram que a distância da Terra às outras estrelas é maior que a distância da Terra ao Sol e apenas 20% não respondeu esta questão.

Sobre o brilho aparente das estrelas, 73,3% dos alunos compreenderam que a luminosidade da estrela não pode ser avaliada a olho nu devido ao fator da distância que deve ser considerado e 26,7% dos alunos entendem que essa diferença deve-se a outros fatores.

Sobre a unidade de distância ano-luz, 86,7% dos alunos indicaram ser uma unidade de distância, e destes 84,6% dos alunos definiram corretamente e em detalhes como a distância

percorrida pela luz durante um ano. As respostas erradas somaram 13,3% dos alunos, que indicaram o ano-luz como unidade de tempo.

A questão relativa a afirmação que olhar o céu significa olhar para o passado, obteve os mesmos índices de acerto e erro que a questão sobre o ano-luz, onde apenas 13,3% dos alunos não compreenderam que a luz que observamos de uma estrela demora algum tempo para que chegue até a Terra, e que portanto a luz que podemos observar foi emitida anteriormente, “no passado”, e não quase instantaneamente como ocorre em nosso cotidiano.

<b>Avaliação Final - Tema Magnitude</b>		
<b>Item</b>	<b>Resposta</b>	<b>%</b>
Distância da Terra ao Sol	da ordem de $10^{11}$ m	86,7%
	Não respondeu	13,3%
Distância da Terra às outras estrelas	É maior que a distância da Terra ao Sol	80,0%
	Não respondeu	20,0%
Brilho aparente das estrelas	Não pode ser avaliada devido ao fator da distância	73,3%
	Outros fatores atribuídos à diferença de luminosidade	13,3%
Ano-luz	Unidade de distância	13,3%
	Distância percorrida pela luz durante um ano	73,4%
	Unidade de tempo	13,3%
Observar o céu é observar o passado	Reconhece que a emissão de luz na estrela e recepção na Terra não são simultâneos	86,7%
	Não soube responder	13,3%

Tabela 6.4: Porcentagem de respostas dadas na avaliação final para as questões relativas ao tema magnitude.

### ***Questões relacionadas ao tema energia***

A tabela 6.5 a seguir apresenta as questões trabalhadas que são relativas ao tema de energia e que englobam a fusão nuclear.

Avaliação Diagnóstica	Avaliação Final
Como as estrelas produzem luz?	Como as estrelas produzem energia?
	Por que se diz que “somos feitos de poeira das estrelas”?

Tabela 6.5: Questões relativas ao tema energia apresentadas nas avaliações diagnóstica e final.

Analisando as respostas dadas na avaliação diagnóstica, 33,3% dos alunos atribuíram a geração de energia nas estrelas ao processo de fusão nuclear, contra 66,7% que não responderam ou tiveram explicações incoerentes como combustão. Após a realização do curso, o índice de acertos aumentou para 73,4% e apenas 26,6% dos alunos não souberam responder a esta questão.

Para a questão a respeito da afirmação conhecida popularmente de que somos poeira estelar, 80% dos alunos indicaram em suas respostas reconhecer que alguns elementos químicos de nossa formação foram sintetizados nas estrelas. Alguns alunos ainda citaram detalhamento deste processo: com a morte da estrela os elementos sintetizados são jogados no espaço e podem, dependendo de situações específicas, gerar um novo planeta, com toda a diversidade de materiais que podemos encontrar na Terra, por exemplo.

A tabela 6.6 traz uma síntese das porcentagens de respostas a estas questões:

Avaliação Final - Questões Gerais		
Item	Resposta	%
Produção de Energia	Fusão nuclear	73,4%
	Não respondeu	26,6%
“Somos Poeira Estelar”	Reconhece que alguns elementos químicos de nossa composição foram sintetizados na estrela	80,0%
	Não respondeu	20,0%

Tabela 6.6: Porcentagem de respostas dadas na avaliação final para as questões relativas ao tema energia

### *Questões relacionadas ao tema espectroscopia*

Para o tema espectroscopia, consta na tabela 6.7 as questões que os alunos foram solicitados a responder.

<b>Avaliação Diagnóstica</b>	<b>Avaliação Final</b>
Do que é feita uma estrela?	Qual o processo através do qual podemos saber qual elemento químico existe na estrela. Explique.

Tabela 6.7: Questões relativas ao tema espectroscopia apresentadas nas avaliações diagnóstica e final.

A questão inicial apenas perguntava do que é feita uma estrela, sendo que as respostas obtidas nesta questão foram vagas, incluindo respostas como: plasma, poeira, gases, o que contabilizou 57,1% das respostas dadas pelos alunos. O restante, 42,9% dos alunos, não respondeu a esta questão.

Quanto a questão relativa à avaliação final, cujos resultados percentuais encontram-se na tabela 6.8, esta foi a questão com menor índice de acerto após o desenvolvimento do produto: apenas 46,7% dos alunos responderam adequadamente que é através da espectroscopia que podemos identificar o elemento químico presente na estrela. Nesta questão 53,3% dos alunos não a responderam. Tal fato foi bastante surpreendente, pois nesta dinâmica a participação dos alunos foi efetiva, assim como o interesse dos mesmos, apesar dos resultados não serem muito expressivos.

<b>Avaliação Final - Questões Gerais</b>		
<b>Item</b>	<b>Resposta</b>	<b>%</b>
Processo de Identificação da Composição da Estrela	Espectroscopia	46,7%
	Não respondeu	53,3%

Tabela 6.8: Porcentagem de respostas dadas na avaliação final para a questão relativas à espectroscopia.

### ***Avaliação Final por Aluno***

Para a análise do rendimento individual dos alunos na avaliação final foram estabelecidos

quatro níveis de conhecimento, a fim de categorizar os resultados obtidos. A tabela 6.9 indica os níveis qualitativos estabelecidos, sendo que notas inferiores a 5 são consideradas insatisfatórias, como determinam as regras vigentes na rede pública estadual de São Paulo.

	Pontuação	Nível Qualitativo
Insatisfatório	de 0,0 a 4,9	Insuficiente
Satisfatório	de 5,0 a 6,9	Suficiente
	de 7,0 a 8,9	Bom
	de 9,0 a 10,0	Excelente

Tabela 6.9: Tabela dos níveis de conhecimento atingidos na Avaliação Final

O gráfico abaixo apresenta os resultados percentuais da avaliação final, conforme as faixas estabelecidas. Os resultados mostraram-se excelentes, na medida em que apenas 13,33% dos alunos apresentaram resultados insatisfatórios. Os demais alunos, 86,6% do total, obtiveram nota igual ou superior a 5, tendo rendimento satisfatório, sendo que 33,33% dos alunos obtiveram nível bom e 40% conseguiram nível excelente em suas avaliações.

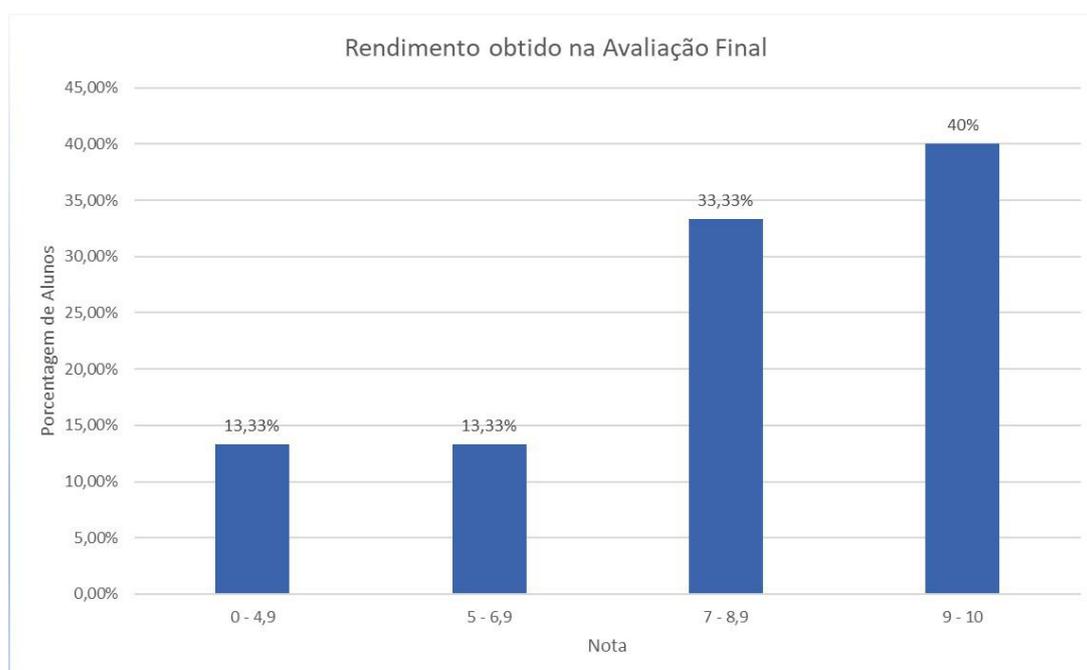


Figura 6.1: Gráfico do rendimento obtido pelos alunos na avaliação final.

## 6.3 A Avaliação do Curso

Ao final da aplicação, os alunos responderam a uma avaliação do curso, que pode ser encontrada no apêndice F. Tal avaliação teve como objetivo levantar a opinião dos alunos sobre os diversos aspectos em que se pautou a elaboração do produto educacional e também sobre o trabalho desenvolvido.

Assim, a tabela 6.10, mostra as porcentagens de respostas dos alunos para cada item, considerando uma escala de 1 a 5, sendo 1 referente a aspectos que não tiveram influência no processo e 5 aspectos que tiveram influência muito boa no processo.

É notório que a grande maioria das respostas dos alunos é positiva na maioria dos itens analisados, porém devemos analisar algumas respostas:

A interação entre os grupos foi considerado o item com menor influência no processo, segundo os alunos. Porém também se nota uma tendência dos alunos em afirmarem que a interação entre os grupos foi pequena, ou seja, há que se avaliar se a interação poderia ter influenciado mais no processo caso fosse mais efetiva. Neste aspecto há ainda que considerarmos que o cotidiano em sala de aula nos mostra uma tendência muito pequena de interação entre os alunos em grandes grupos.

O item melhor avaliado como bom influenciador na aprendizagem foi o que se refere às atividades práticas, sendo esta uma prática muito pouco realizada em sala de aula. Por exemplo, a maioria dos alunos que participaram do projeto não conhecia nenhum dos laboratórios que foram utilizados na aplicação do produto. Assim, a parte experimental, por si só, já se constituía em um dos diferenciais do produto, conforme citado desde a introdução deste trabalho.

A estruturação do curso como um jogo foi também muito bem aceita pelos alunos, porém cabe uma ressalva de que talvez tenha prejudicado a interação entre os grupos, a partir da dificuldade de assimilação do jogo como colaborativo e não competitivo, contrariando a ideia comum de jogo. Talvez este aspecto poderia ser resolvido atribuindo algum tipo de pontuação para o trabalho colaborativo dos grupos.

Item / Pergunta		Porcentagem de Respostas				
		1	2	3	4	5
1	Você ficou satisfeito com o curso?	0%	0%	0%	20%	80%
2	Como foi o seu envolvimento com o curso?	0%	6,7%	6,7%	47%	40%
3	Como foi a interação dentro do seu grupo?	0%	0%	6,7%	40%	53%
4	Como foi a interação entre grupos?	0%	13%	20%	47%	20%
5	Você considera que a interação entre os alunos contribuiu para a aprendizagem?	0%	0%	13%	27%	60%
6	Você considera que a atividade estruturada como um jogo foi interessante?	0%	0%	0%	27%	73%
7	Você considera que a parte experimental contribuiu para a aprendizagem?	0%	0%	0%	20%	80%
8	Você considera que os vídeos e slides contribuíram para o seu entendimento?	6,7%	0%	20%	0%	73%
9	Você considera que o seu conhecimento a respeito das estrelas aumentou?	0%	0%	20%	20%	60%
10	Você participaria de outros cursos com esta estrutura?	0%	0%	6,7%	20%	73%

Tabela 6.10: Resultados obtidos pelas respostas dadas na avaliação do curso.

Em relação ao material utilizado para a sistematização do conhecimento, vídeos e slides elaborados pela professora, apesar de 73% de aprovação por parte dos alunos, houve 27% dos alunos que demonstraram insatisfação, tendo incluído comentários a respeito de que o material poderia ser mais completo, ou de que a sistematização do conteúdo deveria ter sido feita com mais tempo para melhor assimilação do conteúdo.

Como avaliação geral do curso, os quesitos: “Você ficou satisfeito com o curso?”, “Você considera que o seu conhecimento sobre estrelas aumentou?” e “Você participaria de outros cursos com a mesma estrutura” tiveram 100% de respostas positivas, porém é importante avaliar que o curso foi realizado no contra-turno dos alunos e somente os alunos que terminaram o mesmo responderam a avaliação final.

Dos 22 alunos que iniciaram o curso, 17 deles cursaram até o final, o que equivale a 77% dos

alunos, e para os que desistiram, quando questionados sobre os motivos para a desistência, todos justificaram com questões pessoais e não com questões pertinentes ao trabalho desenvolvido.

# Capítulo 7

## Conclusões

O presente trabalho teve como objetivo a construção de um produto educacional que trouxesse inovações ao trabalho docente em um tema pouco abordado no ensino médio mas que tem bastante apelo junto aos alunos: a astronomia. Assim houve a proposta de elaborar uma sequência didática que utilizasse metodologias ativas e elementos de gamificação no processo de ensino e aprendizagem de fenômenos físicos que ocorrem nas estrelas.

O tema para o produto foi escolhido atendendo uma recorrente manifestação de interesse dos alunos a respeito do tema e uma necessidade pessoal de encontrar caminhos para atender a esta demanda.

O produto foi desenvolvido sobre a forma de um jogo colaborativo com características pertinentes à teoria educacional sociointeracionista de Vygotsky e de ensino investigativo, abordando quatro temas relacionados às estrelas, sendo eles: magnitude, energia, espectroscopia e observação remota.

A aplicação do produto foi realizada em uma escola pública estadual da cidade de São Paulo, com alunos do 2º ano do ensino médio, no contra-turno de seu período de aula, sob a forma de mini-curso. O grupo inicial era composto de 22 alunos, sendo que destes, 17 alunos concluíram o curso. Durante o período de aplicação os alunos foram bastante receptivos a todas as atividades propostas e comprometidos com as entregas das avaliações.

A avaliação pertinente ao produto ocorreu tanto no âmbito de que os alunos demonstrassem conhecimento oriundo das práticas e discussões pedagógicas, quanto no âmbito de cumprir o que se propõe como uma metodologia diferenciada.

Foram utilizadas avaliações em grupo durante todo o processo e uma avaliação final individual. As avaliações em grupo foram qualitativas para fins de pontuação na estrutura de jogo e a avaliação final teve caráter qualitativo e quantitativo para indicar o nível de conhecimento dos alunos após o curso.

As avaliações parciais em grupo estavam relacionadas à questão norteadora do tema e à dinâmica realizada em sala de aula. Os alunos tiveram bastante cuidado com a execução e entrega das conclusões dessas atividades e ficavam bastante ansiosos para verificar como ficaria a pontuação de cada grupo na corrida pelo tabuleiro do jogo. Houve uma equipe campeã, mas todas as equipes conseguiram chegar à região pertencente às super gigantes no tabuleiro.

A avaliação final ocorreu de forma individual, com questões dissertativas e portanto as respostas dos alunos tiveram diferentes níveis de aprofundamento. A essas atividades foram atribuídas notas em uma escala de 0 a 10, sendo que 86,66% dos alunos obtiveram notas satisfatórias, e 40% deles obtiveram nível excelente.

Ao final foi aplicado um questionário sobre a opinião dos alunos a respeito de diversos aspectos relacionados à estrutura e metodologia do curso. Analisando as respostas obtidas é possível identificar claramente que a estrutura e metodologia do curso foi bem aceita pelos alunos, entretanto sob o olhar da professora há aspectos que podem e devem ser melhorados.

O primeiro deles refere-se ao material de apoio, que deveria ser mais completo, visto que não correspondeu às expectativas dos alunos. Outro item a ser revisto é o tempo dedicado ao curso, que deveria ser ampliado para uma discussão mais detalhada e produtiva, respeitando de forma mais efetiva o tempo necessário para as conclusões individuais e discussão dos grupos. No entanto, sabemos que esta é uma questão delicada e potencialmente restrita a aplicações no contra-turno, em que a disponibilidade de tempo seria menor. Finalmente, a interação entre grupos, que foi o ponto mais deficiente do trabalho, na medida em que o caráter colaborativo do jogo não se sobressaiu ao caráter competitivo do mesmo.

Houve a criação um grupo em rede social e outro em aplicativo de mensagem de texto para, paralelamente, abrir espaço para discussões de assuntos pertinentes a astronomia. Os grupos não surtiram resultados expressivos durante a aplicação do produto, mas continuam abertos e eventualmente há discussões sobre eventos, cursos, estudos e acontecimentos relacionados a astronomia. Portanto, apesar não ser significativo no âmbito do trabalho realizado, esses gru-

pos tornaram-se pontos de encontro virtuais para pequenas discussões e troca de informações, podendo ser considerado um desdobramento positivo deste trabalho.

Apesar de alguns pontos deficientes o produto obteve sucesso naquilo que se propôs, atingindo seus principais objetivos. Apresentou-se com uma metodologia capaz de provocar o protagonismo dos alunos de forma a conduzi-los na construção de seus conhecimentos.

Quanto às motivações para a realização deste trabalho consideramos que também foram satisfeitas na medida em que os alunos conseguiram um espaço para discutir os assuntos de seu interesse não contemplados pelo currículo, assim como propiciou um espaço para condutas investigativas.

## **Apêndice A**

### **Produto Educacional**

### **Desvendando as Estrelas: um jogo para o Ensino Médio**

Produto Educacional

# DESVENDANDO AS ESTRELAS

Um jogo para o Ensino Médio



Adriana Queiroz Agostinelli Ribeiro

Laura Paulucci

O presente produto educacional tem como principal objetivo responder um questionamento recorrente dos alunos: “Como se obtém as informações a respeito dos astros?”. Assim, o produto foi desenvolvido de modo que os conceitos físicos necessários para a coleta destas informações fossem trabalhados de forma aplicada à astronomia, desenvolvendo ambos de forma integrada.

Assim, o professor tem em suas mãos um produto que abrange conceitos da física clássica e moderna e procura uma forma de trabalho voltada para atividades práticas e maior participação dos alunos.

O produto educacional é uma sequência didática utilizando metodologias ativas e estratégias de jogo. Foram estabelecidas três dinâmicas para tratar sobre temas introdutórios e de bastante relevância para a compreensão da física nas estrelas e uma dinâmica final para observação virtual e classificação das mesmas no chamado Diagrama Hertzsprung-Russell (HR), extremamente importante para o estudo estelar. Desta forma, todas as etapas tem relação (direta ou indireta) com o diagrama HR, construindo bloco a bloco os conceitos necessários para seu entendimento.

Assim, o produto fica dividido em:

Introdução

Tema 1: Brilho

Tema 2: Energia

Tema 3: Espectroscopia

Tema 4: Observação Virtual

Para a utilização da sequência didática como jogo, peça que os alunos se dividam em grupos de até 5 alunos. Ao final de cada etapa os alunos deverão socializar suas conclusões, e cada tarefa cumprida vale pontos para um jogo de tabuleiro.

Para cada um dos temas, utilize a seguinte sequência:

1. Questão norteadora;
2. Realização das dinâmicas;
3. Conclusões.

A primeira etapa, com a questão norteadora, inclui também levantamento das hipóteses do grupo para a solução da questão. A realização das dinâmicas inicia-se com a montagem do experimento e coleta de dados e é finalizada com a tarefa preliminar e discussão em grupos. A finalização de cada tema ocorre com as conclusões, que incluem sistematização do conhecimento e realização das tarefas principais.

### **A.1 O tabuleiro do jogo**

A estratégia de jogo ocorre através de uma corrida de tabuleiro onde os grupos devem percorrer um certo trajeto. O tabuleiro do jogo foi montado sobre o diagrama HR (Fig. A.1), com uma sequência que percorre a trajetória evolutiva do Sol, partindo do seu posicionamento atual, na sequência principal, até que se torne uma supergigante. Assim, de forma simbólica e lúdica, o aluno percorre o mesmo caminho, tornando-se um “supergigante” em conhecimento ao final do percurso.

O tabuleiro, assim como o diagrama HR da atividade final e demais informações pertinentes ao curso foram organizados em um quadro de cortiça que durante todo o curso ficou a disposição dos alunos para observação e consulta (Fig. A.2) \*.

### **A.2 Introdução**

A aula introdutória é dividida em duas partes:

#### **Parte 1 - Características do Jogo**

Inicialmente, discuta com os alunos os objetivos e regras do jogo. Ressalte a importância da socialização das conclusões obtida pelos alunos dentro dos grupos para que o objetivo principal, que todos os alunos consigam atingir uma qualidade excelente de conhecimento, seja alcançado<sup>†</sup>.

---

\*O tabuleiro foi alterado após a aplicação para uma melhor assimilação de conteúdo

<sup>†</sup>O caráter colaborativo do jogo foi alterado após a aplicação pois a colaboratividade entre grupos dificultou sua dinâmica, uma vez que culturalmente os jogos proporcionam um caráter competitivo

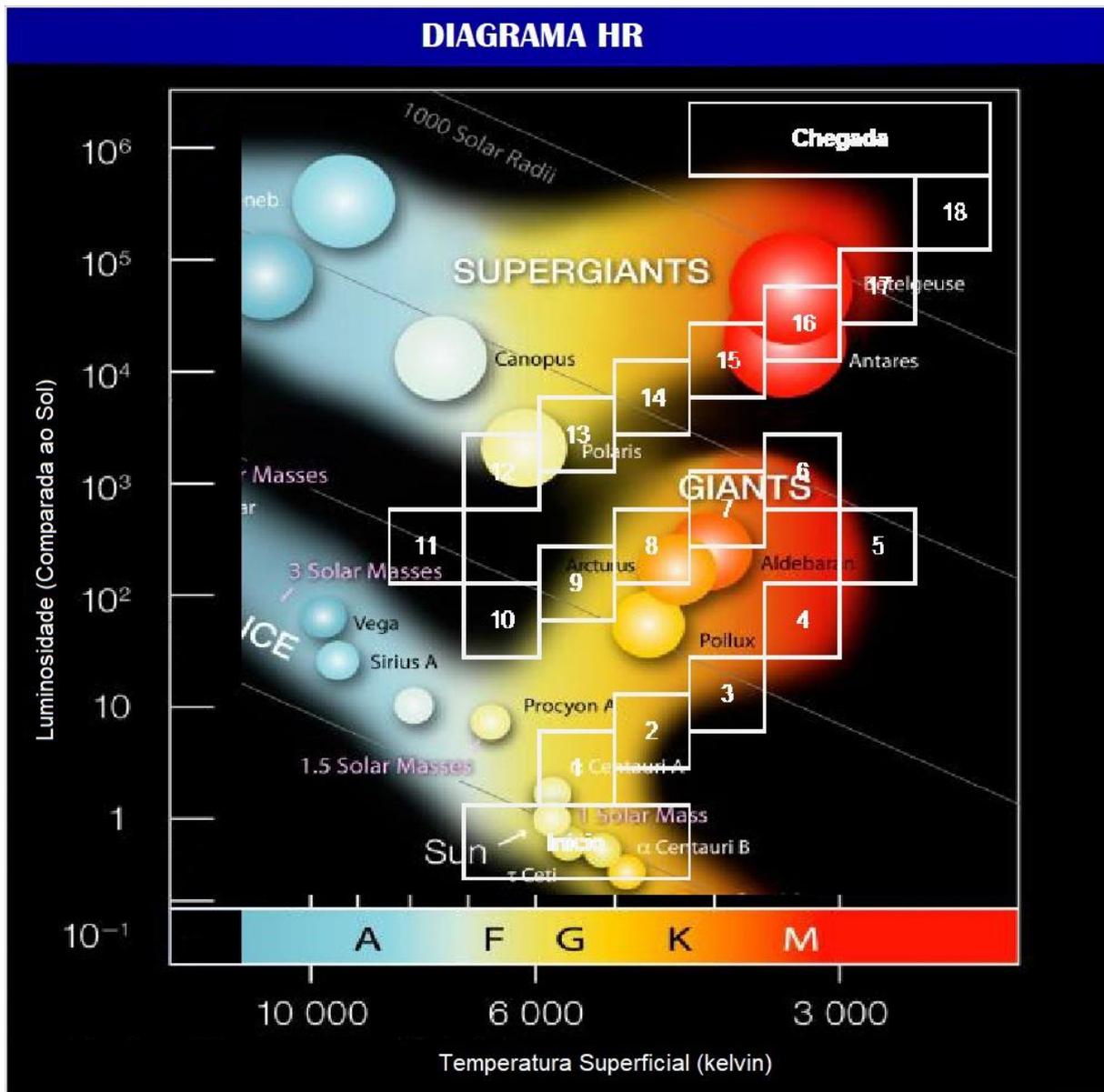


Figura A.1: Tabuleiro do jogo. Ao fundo do tabuleiro utilizou-se um corte do diagrama HR disponível em [https://www.quora.com/Why-is-the-sun-positioned-in-the-middle-of-the-Hertzsprung-Russell-Diagram?fbclid=IwAR2YH-CjNGcx6NW1aRnL95E-bn-nLve7sIczTnwURfZ\\_fOl-3J58jDDr0sE](https://www.quora.com/Why-is-the-sun-positioned-in-the-middle-of-the-Hertzsprung-Russell-Diagram?fbclid=IwAR2YH-CjNGcx6NW1aRnL95E-bn-nLve7sIczTnwURfZ_fOl-3J58jDDr0sE)

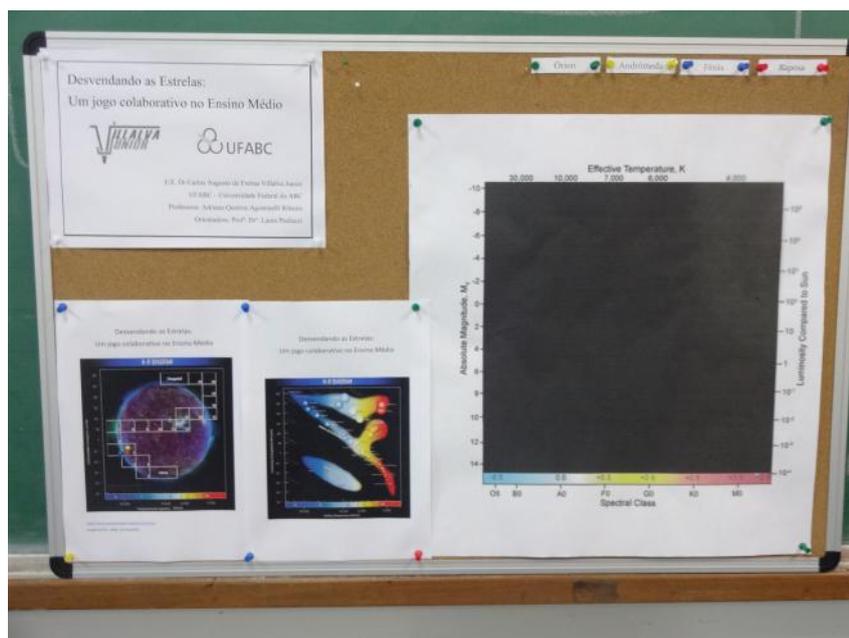


Figura A.2: Quadro com o tabuleiro e as informações sobre o jogo.

Peça aos alunos que se organizem em grupos de aproximadamente 5 alunos e escolham o nome do grupo, que deverá ser o nome de uma constelação. Aqui novamente se utiliza uma relação lúdica entre o agrupamento de alunos e de estrelas.

A análise qualitativa das atividades realizadas transforma-se em um certo número de casas a serem percorridas no tabuleiro pelo grupo correspondente. A pontuação do jogo ocorre seguindo a tabela A.1.

apenas realizou a dinâmica	1 casa
realizou a dinâmica e entregou apenas uma das tarefas	2 casas
realizou a dinâmica e entregou as duas tarefas com nível BOM	3 casas
realizou a dinâmica e entregou as duas tarefas com nível EXCELENTE	4 casas

Tabela A.1: Pontuação das tarefas realizadas pelos grupos em cada tema. Apresenta-se a relação entre a avaliação qualitativa das tarefas e o número de casas correspondentes a serem percorridas no tabuleiro.

## Parte 2 - Introdução às Estrelas

Para introduzir o tema, apresente o vídeo intitulado “Estrelas”, com duração de 4 minutos e 25 segundos, parte integrante da série “ABC da Astronomia”, que está disponível sem restrições para fins educativos através da plataforma “TV Escola”, propriedade do Ministério da Educação.

O conteúdo do vídeo se resume a uma breve introdução sobre evolução estelar, comentando principalmente sobre o nascimento das estrelas, o processo de fusão nuclear sintetizando novos elementos químicos durante a maior parte da sua vida e a morte das estrelas. É importante salientar para os alunos que no processo de nascimento da estrela a partir da nuvem primordial, alguns elementos químicos presentes nesta passam a fazer parte da composição da estrela, não sendo todos os elementos químicos presentes sintetizados na mesma.

O vídeo pode ser acessado através do link <https://tvescola.org.br/tve/video/abc-da-astronomia-estrelas>.

### **Tarefa: Avaliação diagnóstica**

Para a primeira aula, a tarefa a ser cumprida é a entrega da avaliação diagnóstica individual, tendo uma pontuação diferenciada, como mostrado na tabela A.2. A avaliação diagnóstica aplicada neste curso está no apêndice D deste trabalho.

1 avaliação diagnóstica entregue	1 casa
2 avaliações diagnósticas entregues	2 casas
3 avaliações diagnósticas entregues	3 casas
4 ou 5 avaliações diagnósticas entregues	4 casas

Tabela A.2: Pontuação da tarefa da aula introdutória. Apresenta-se a relação entre o número de avaliações entregues pelo grupo e a quantidade de casas a serem percorridas no tabuleiro.

Desta forma, o jogo inicia-se logo na primeira aula, antes mesmo do início das dinâmicas.

## A.3 Tema 1: Brilho

### A.3.1 Questão Norteadora

**“Por que o Sol é uma estrela mais brilhante que as demais?”**

A questão norteadora tem a pretensão de gerar uma discussão sobre a diferenciação entre a magnitude absoluta (que está relacionada com a luminosidade, parâmetro intrínseco da estrela, dependente apenas do seu raio e sua temperatura) e magnitude aparente (que depende da distância da estrela, além de sua magnitude absoluta). A escala de magnitudes foi estabelecida por Hiparco em 150 a.C. para classificar as estrelas quanto a seu brilho. As estrelas mais brilhantes a olho nu foram classificadas como sendo de magnitude 1 e as menos brilhantes, 6. No entanto, devido à queda do fluxo luminoso com a distância, este “brilho” visto a partir da Terra não é uma característica intrínseca da estrela. Assim, existe uma diferença entre magnitude **aparente** ( $m$ ) e **absoluta** ( $M$ ). Estas grandezas estão relacionadas entre si e com a distância ao observador ( $d$ ) da seguinte forma:

$$m = M + 5 \log \frac{d}{10 \text{ pc}}$$

Para estudar em detalhes estes conceitos o professor pode utilizar Oliveira Filho e Saraiva (2004) e também Horvath (2013), que inclui uma proposta para o desenvolvimento do mesmo tema. O professor deve então, levar o aluno a relacionar a magnitude aparente com a luminosidade e a distância das estrelas à Terra e introduzir como estes valores são calculados. Além disso, é desejável nesta dinâmica que os alunos compreendam o ano-luz como unidade de distância e não tempo, como comumente é confundido.

Assim, apresente aos alunos a questão norteadora e peça a eles que discutam entre si e registrem as possíveis hipóteses sobre a questão.

### A.3.2 Realização da Dinâmica

*Descrição da Dinâmica:*

A dinâmica consiste nos alunos medirem a intensidade luminosa de algumas lâmpadas a distâncias pré-determinadas, de 10 cm a 1 m, sempre coletando dados a cada 10 cm. Para tanto é necessário que se utilize um dos aplicativos de celular disponíveis para este fim.

Para aparelhos com sistema operacional Android, os aplicativos testados foram: “Lux Meter”, “Luxímetro” e “Physics Tools”, todos disponíveis gratuitamente para download através do aplicativo “Play Store”. Para aparelhos com sistema operacional IOS, foram testados dois aplicativos gratuitos: “Lux Light Meter Pro” e “Lux Light Meter FREE”, ambos disponíveis no aplicativo “App Store”.

Todos os aplicativos testados possuem funcionamento e medições similares. Não foi analisada a precisão das medições, já que isto é irrelevante para os objetivos da dinâmica.

O objetivo da dinâmica é que os alunos percebam a relação de decaimento da intensidade luminosa em função da distância como uma relação não-linear. É importante destacar que a mera observação do brilho / magnitude aparente da estrela não é parâmetro suficiente para estimar sua magnitude absoluta. As estrelas não podem ser comparadas quanto a suas características intrínsecas com base apenas na magnitude aparente já que é necessário avaliar a distância de cada estrela à Terra.

No diagrama HR, a magnitude absoluta das estrelas é mostrada no eixo das ordenadas.

### ***Montagem do experimento:***

A montagem do experimento (figura A.3) é realizada utilizando os seguintes materiais:

- Lâmpada
- Soquete com adaptador de tomada
- Régua de energia
- Régua de 1 m
- Celular com aplicativo para medir a intensidade luminosa



Figura A.3: Montagem do experimento da dinâmica 1.

### Coleta de Dados:

A leitura nos aplicativos utilizados é feita conforme os exemplos das telas da figura A.4.

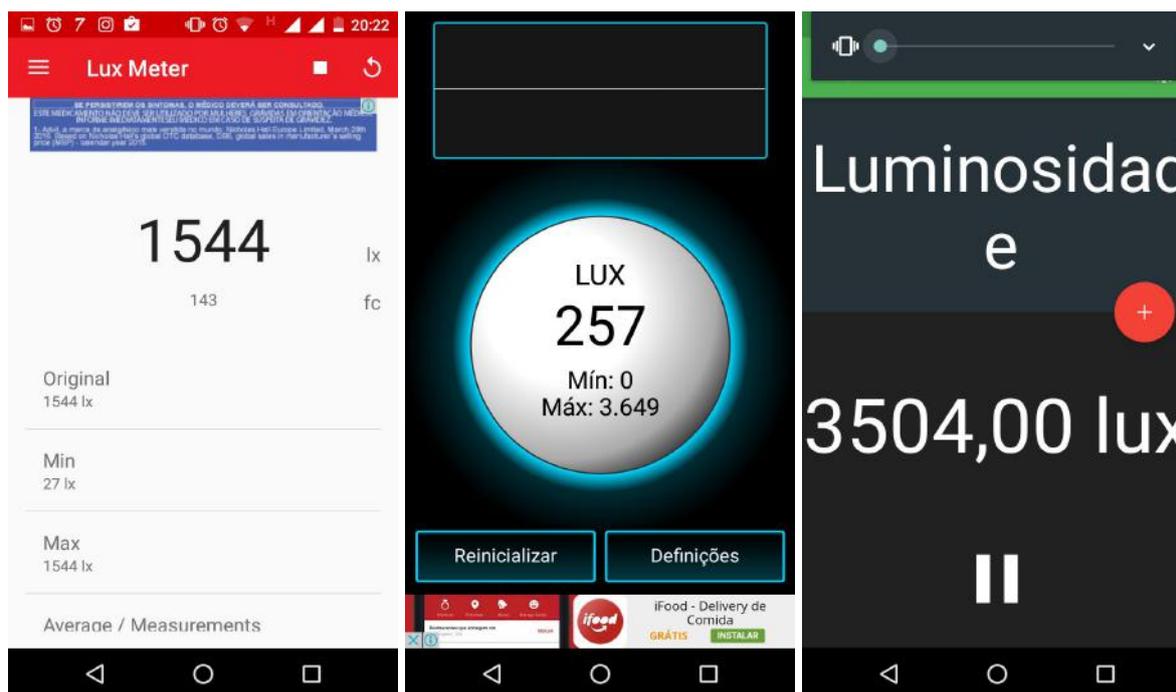


Figura A.4: Exemplos de aplicativos utilizados na dinâmica 1.

É importante salientar que na maioria dos aplicativos a leitura da intensidade luminosa é feita com a câmera frontal do aparelho celular, e que isto deve ser verificado para uma correta leitura dos valores. Em alguns aplicativos, no entanto, há a possibilidade de escolher a câmera a ser utilizada.

Lâmpada 1 - Potência: _____		Lâmpada 2 - Potência: _____	
Distância (cm)	Intensidade (lux)	Distância (cm)	Intensidade (lux)
10		10	
20		20	
30		30	
40		40	
50		50	
60		60	
70		70	
80		80	
90		90	
100		100	

Tabela A.3: Tabela para coleta de dados - tema 01.

Os alunos devem coletar os dados a fim de preencher a tabela A.3, com os valores de intensidade luminosa em função da distância para cada uma das lâmpadas recebidas, de potências diferentes. Solicite também que os alunos encontrem valores próximos de intensidade luminosa para ambas as lâmpadas e anotem as distâncias correspondentes. Isso permitirá verificar que lâmpadas de potências diferentes podem ter aparentemente o mesmo "brilho" a depender das distâncias ao observador, de forma semelhante à magnitude aparente das estrelas.

Após a coleta dos dados, os alunos deverão cumprir a tarefa inicial. Oriente-os a montar os gráficos de intensidade luminosa em função da distância para cada uma das lâmpadas, e discutir entre os integrantes dos grupos qual a possível relação existente entre a questão norteadora e a dinâmica realizada.

### A.3.3 Conclusões

#### *Sistematização do Conhecimento*

Neste momento o professor deverá sistematizar com os alunos o conhecimento pertinente a

este tema.

Apresente a diferença entre magnitudes aparente e absoluta. Espera-se que com a dinâmica os alunos compreendam facilmente a relação entre a distância da estrela, luminosidade e o brilho aparente, relacionando estas grandezas como se apresentam na lâmpada e na estrela, ou seja, a potência da lâmpada como uma propriedade intrínseca da mesma assim como a luminosidade para a estrela e o brilho aparente da lâmpada que, de modo semelhante ao brilho aparente da estrela, diminui conforme há um aumento da distância ao observador. É interessante então, explicar sobre a diminuição do fluxo de energia com o aumento da distância à estrela.

Discuta com os alunos sobre as unidades de medidas utilizadas em astronomia: unidade astronômica (UA), parsec e ano-luz. Antes, é conveniente que os alunos compreendam minimamente o que é paralaxe, já que este conceito é necessário para a definição da unidade de medida parsec, que será utilizada na dinâmica final. A paralaxe é a mudança na posição *aparente* das estrelas com diferentes posições do observador. Este método pode ser utilizado para determinar a distância de estrelas próximas (com distâncias máximas de até 1000 pc, pertencentes à Via Láctea). Estes conceitos podem ser consultados no capítulo 18 de Oliveira Filho & Saraiva (2004). Faça uma comparação entre as unidades de medida e calcule o ano-luz em uma unidade de medida mais conhecida pelos alunos.

Utilize o vídeo “Ano-luz”, mais um vídeo integrante da série “ABC da Astronomia”, que está disponível sem restrições para fins educativos através da plataforma “TV Escola”, propriedade do Ministério da Educação. Este vídeo tem duração de 4 minutos e 51 segundos e pode ser acessado através do link <https://tvescola.org.br/tve/video/abc-da-astronomia-ano-luz>.

Finalize apresentando a distância de algumas estrelas próximas, comparando com a distância da Terra ao Sol.

### ***Tarefa Final***

Os alunos devem reunir-se para finalizar o tema. Deseja-se que consigam responder às seguintes questões pertinentes da tarefa final:

- Qual a diferença entre magnitude aparente e magnitude absoluta?
- Explique como a dinâmica realizada está relacionada à questão apresentada.

- O Sol é uma estrela mais brilhante que as demais? Explique.
- O que é um ano-luz?

O professor deverá avaliar qualitativamente as respostas apresentadas para estas questões, para que na próxima aula os grupos possam avançar no tabuleiro.

## A.4 Tema 2 - Energia

### A.4.1 Questão Norteadora

**“Qual a origem da energia produzida nas estrelas?”**

É sabido por todos que o Sol é a nossa maior fonte energética. É também do conhecimento mínimo dos alunos que a estrela tem luz própria. A questão norteadora do segundo tema vem, portanto, trazendo a questão da energia, colocando em pauta não a sua existência, mas a sua origem. Deseja-se que os alunos compreendam os processos geradores de energia, ao mesmo tempo que relacionem esses processos à síntese de elementos químicos que ocorre nas estrelas.

Assim, apresente aos alunos a questão norteadora e peça a eles que discutam entre si e registrem as possíveis hipóteses sobre a questão.

### A.4.2 Realização da Dinâmica

#### *Descrição da Dinâmica:*

Para a realização da segunda dinâmica será necessário inicialmente informar aos alunos que a geração de energia e a síntese de elementos químicos estão relacionadas. A dinâmica consiste em que os alunos tentem construir um núcleo de hélio a partir de núcleos menores como o deutério e discutir a conservação de massa e carga elétrica.

A estrela, ao longo de sua vida, passa por diferentes estágios em que diferentes elementos são sintetizados em seu interior. O primeiro estágio, no qual a estrela passa a maior parte de sua vida, é chamado sequência principal, no qual a estrela transforma hidrogênio em hélio em seu

núcleo. Uma descrição detalhada dos processos de fusão que ocorrem no interior das estrelas pode ser encontrada em Chung (2001) ou em Oliveira Filho e Saraiva (2004), no capítulo sobre Estrelas.

**Montagem da dinâmica:**

Para esta dinâmica é necessário apenas que os alunos recebam fichas impressas dos núcleos atômicos e partículas envolvidos nos processos de síntese dos elementos. Em cada ficha há o símbolo do núcleo atômico ou partícula com sua respectiva massa, medida em MeV.

De posse das fichas, a tarefa inicial dos grupos será: "A partir de partículas menores, como núcleos de hidrogênio, como podemos construir um átomo de hélio?", ou ainda "Como podemos obter um núcleo de hélio 4 a partir de 4 prótons?".

<p><b>p</b></p> <p>1 próton</p> <p>940,19 MeV</p>	<p><b>d</b></p> <p>1 próton</p> <p>1 nêutron</p> <p>1878,93 MeV</p>	<p><b><sup>3</sup>He</b></p> <p>2 prótons</p> <p>1 nêutron</p> <p>2813,64 MeV</p>	<p><b><sup>4</sup>He</b></p> <p>2 prótons</p> <p>2 nêutrons</p> <p>3733,98 MeV</p>	<p><b><sup>7</sup>Li</b></p> <p>3 prótons</p> <p>4 nêutrons</p> <p>6545,14 MeV</p>
<p><b><sup>7</sup>Be</b></p> <p>4 prótons</p> <p>3 nêutrons</p> <p>6546,01 MeV</p>	<p><b><sup>8</sup>Be</b></p> <p>4 prótons</p> <p>4 nêutrons</p> <p>7468,05 MeV</p>	<p><b><sup>8</sup>B</b></p> <p>5 prótons</p> <p>3 nêutrons</p> <p>7486,06 MeV</p>	<p><b>e<sup>+</sup></b></p> <p>0,51 MeV</p>	<p><b>e<sup>-</sup></b></p> <p>0,51 MeV</p>

Figura A.5: Fichas utilizadas na dinâmica 2 com as informações sobre os núcleos atômicos ou partículas.

É importante observar que, dificilmente, os alunos conseguirão montar a equação corretamente, mesmo se considerarmos apenas a cadeia PPI, já que tentarão manter a conservação de massa, que não se verifica na reação, além de não considerarem óbvio a produção de um

pósitron e um neutrino. Assim, é importante orientar os alunos a registrarem suas tentativas e escolherem entre elas quais consideram a melhor opção.

### A.4.3 Conclusões

#### *Sistematização do Conhecimento*

Neste momento o professor deverá sistematizar com os alunos o conhecimento pertinente a este tema. Apresente em detalhes a cadeia PPI. É importante que os alunos entendam a complexidade das reações, com a liberação dos neutrinos e principalmente a produção de energia decorrente da diferença de massa durante as reações.

Para que os alunos compreendam a síntese do hélio, convém apresentar-lhes também as cadeias PPII, PPIII e ciclo CNO. Também é interessante mostrar outras reações de síntese que podem ocorrer em estrelas massivas, como o processo triplo-alfa para a produção de carbono e a produção de elementos mais pesados até o ferro.

#### *Tarefa Final*

Os alunos devem reunir-se para finalizar o tema, e se deseja que consigam responder às seguintes questões pertinentes da tarefa final:

- Como é produzida a energia nas estrelas? Explique.
- Como ocorre a síntese dos elementos químicos que podem ser gerados na estrela?

O professor deverá avaliar qualitativamente as respostas apresentadas para estas questões, para que na próxima aula os grupos possam avançar no tabuleiro.

## A.5 Tema 3 - Espectroscopia

### A.5.1 Questão Norteadora

“Como sabemos qual o elemento químico que existe na estrela?”

Durante a discussão do segundo tema afirmamos que nas estrelas há gás hidrogênio, que durante o processo de fusão é convertido em hélio, e que também outros elementos são sintetizados na estrela a depender de sua massa e de seu estágio evolutivo. Além disso, alguns elementos estão na composição da estrela pois estavam presentes na nuvem primordial que a originou. Contudo, uma pergunta recorrente dos alunos é como podemos verificar a existência destes elementos na estrela.

Assim, o tema vem com o objetivo de que os alunos compreendam que a análise da luz emitida na atmosfera estelar nos permite conhecer algumas características da estrela. Também para entender como ocorre o fenômeno de emissão de luz pelos átomos e porque é possível identificar o átomo do elemento químico que produziu a luz. Informações relevantes relacionadas a este tema podem ser consultadas em Oliveira Filho e Saraiva (2004), capítulo 21 ou Halliday, Resnick e Walker (1996), v. 4, no capítulo sobre Física Quântica, ou ainda em Chesman, André e Macedo (2004).

Assim, apresente aos alunos a questão norteadora e peça a eles que discutam entre si e registrem as possíveis hipóteses sobre a questão.

## **A.5.2 Realização da Dinâmica**

### ***Descrição da Dinâmica:***

A dinâmica consiste na observação, com um espectroscópio simples, do espectro formado pela luz emitida por diversas lâmpadas diferentes. O objetivo da dinâmica é que os alunos compreendam o espectro emitido ou absorvido por um elemento químico como característica única e identificadora do elemento químico que o emitiu ou absorveu.

### ***Montagem da dinâmica:***

A montagem do experimento é realizada utilizando os seguintes materiais:

- Lâmpada incandescente
- Lâmpada fluorescente

- Lâmpada de led
- Lâmpada de luz negra
- Lâmpada de vapor de sódio
- Lâmpada de vapor de mercúrio
- Reator para as lâmpadas de vapor de mercúrio e sódio
- Soquete com adaptador de tomada
- Régua de energia
- Espectroscópio simples

O espectroscópio pode ser confeccionado pelos alunos ou preparado previamente pelo professor, dependendo do interesse ou disponibilidade de tempo. O procedimento para a montagem do espectroscópio simples está disponível no Banco Internacional de Objetos Educacionais, sob o título “Espectroscopia - Astrônomo Mirim”, de domínio público, através do link: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/10516>, onde consta um roteiro educacional similar ao recurso aqui proposto.



Figura A.6: Material utilizado na dinâmica de espectroscopia.

Na montagem deste experimento é importante ter o cuidado de observar as tensões necessárias para o funcionamento das lâmpadas. As lâmpadas de vapor de mercúrio e de vapor de sódio funcionam apenas para 220V e necessitam de reator para acendimento.

Com o auxílio dos espectroscópios, os alunos devem observar o espectro das diferentes lâmpadas a que tiveram acesso. A tarefa inicial consiste na reprodução, utilizando lápis de cor, ainda que de modo rudimentar, do espectro de algumas lâmpadas observadas. A finalidade é que os alunos identifiquem a existência de diferenças entre os espectros observados.

### **A.5.3 Conclusões**

#### *Sistematização do Conhecimento*

A sistematização do conhecimento inicia-se com a definição de luz como onda eletromagnética, passa pelo entendimento do arco-íris como a decomposição da luz e tem seu ápice no entendimento de como a luz é produzida, ou seja da emissão de um fóton por um átomo excitado que retorna ao seu estado fundamental. Se os alunos do curso pertencerem ao 1º ou 2º ano do ensino médio, é provável que eles ainda não tenham conhecimento destes conceitos, sendo necessário fazer uma explanação geral sobre o assunto.

É importante salientar nesta explanação que a estrutura atômica é que definirá a energia do fóton emitido por cada elétron em sua transição de camada, e portanto, átomos de mesmo elementos químicos e, conseqüentemente, mesma estrutura atômica, emitirão fótons idênticos, quando submetidos às mesmas condições físicas. O contrário ocorre para átomos de elementos químicos diferentes.

É importante salientar que a temperatura da estrela pode influenciar neste processo. Se tomarmos o átomo de hidrogênio como exemplo, em estrelas de baixa temperatura os fótons presentes não possuem energia suficiente para excitar o átomo. Em contrapartida, em estrelas de altas temperaturas (acima de 10000K), o átomo de hidrogênio estará ionizado, apresentando-se na forma  $H^+$ , ou seja, sem elétrons em sua eletrosfera, e portanto não poderá emitir fóton a partir da mudança de camada do elétron. Assim sendo, as linhas de emissão do átomo de hidrogênio não aparecem em todas as estrelas que possuem este elemento químico, pois dependem da temperatura da estrela, sendo mais evidentes nas estrelas cujas temperaturas são em torno de 9000K.

É interessante que os alunos possam observar a diferença entre o espectro de emissão contínuo e discreto, como no caso da lâmpada incandescente e de mercúrio. Deve-se desta-

car também que o espectro de absorção, apesar de não ser acessível nesta dinâmica, apresenta linhas coincidentes com o espectro de emissão de um dado elemento.

Também se pode destacar que a observação do espectro estelar, além de revelar os elementos presentes em sua atmosfera, costuma ser utilizado para a sua classificação no diagrama HR, pois o perfil das linhas espectrais pode indicar a classe de luminosidade, dependendo da gravidade superficial, indicando se trata-se de uma anã ou gigante. A classe espectral depende da temperatura, que pode ser obtida por fotometria. Mais informações sobre a classificação espectral de estrelas podem ser obtidas em Oliveira Filho e Saraiva (2004) e, em Chung (2000).

### *Tarefa Final*

Para a tarefa final os alunos devem receber o espectro de emissão de vários elementos e também o espectro de emissão de algumas estrelas, para compará-los. Deseja-se que os alunos tentem, para cada estrela recebida, identificar alguns elementos presentes na estrela, lembrando que em cada espectro recebido há, pelo menos, três elementos químicos diferentes.

Os espectros dos elementos e os espectros das estrelas também estão disponíveis, juntamente com a montagem do espectroscópio, no projeto “Espectroscopia - Astrônomo Mirim”, através do link: <http://objetoseducacionais2.mec.gov.br/handle/mec/10516>.

Para finalizar o tema, os alunos devem reunir-se para responder às seguintes questões pertinentes da tarefa final:

- Como um átomo emite luz?
- Como identificamos os elementos químicos presentes na estrela?

O professor deverá avaliar qualitativamente as respostas apresentadas para estas questões, para que na próxima aula os grupos possam avançar no tabuleiro.

## **A.6 Tema 4 - Observação Virtual**

### **A.6.1 Questão Norteadora**

**“Como classificar uma estrela através do diagrama HR?”**

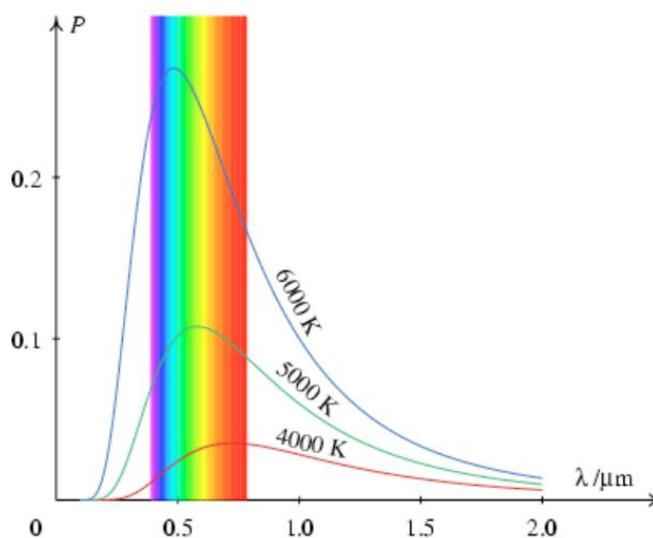


Figura A.7: Gráfico que mostra a relação entre o fluxo de emissão luminosa para diversos comprimentos de onda, por estrelas com temperaturas superficiais diferentes. Figura disponível em [http://www.astro.iag.usp.br/~carciofi/aulas\\_aga0210/aula7.pdf](http://www.astro.iag.usp.br/~carciofi/aulas_aga0210/aula7.pdf)

Segundo Oliveira Filho e Saraiva (2004), o diagrama HR foi descoberto independentemente por Ejnar Hertzsprung, em 1911 e por Henry Norris Russell, em 1923. Hertzsprung descobriu que estrelas de mesma cor poderiam ter luminosidades diferentes e Russell estendeu esse estudo graficando mais de 300 estrelas cuja paralaxe já era conhecida na época. Então, para estrelas cuja distância é conhecida, as grandezas envolvidas no diagrama HR, luminosidade e temperatura, são facilmente determinadas a partir de magnitude aparente e índice de cor, valores determinados a partir da observação da estrela.

A quantidade de luz proveniente de uma dada estrela pode ser observada com o uso de filtros, que permitem a passagem de luz em uma faixa estreita de frequências. Os filtros mais utilizados são os das bandas U (ultravioleta próximo, centrado em 365 nm), B (azul, centrado em 440 nm) e V (visível, centrado em 550 nm). As diferenças entre magnitudes nestes filtros são chamadas índice de cor. A quantidade de energia emitida pela estrela em cada filtro está relacionada a sua temperatura, como pode ser visto na figura A.7.

Sendo o diagrama HR uma importante ferramenta de classificação das estrelas, entendeu-se necessário que uma atividade introdutória a este tema deveria dedicar-se também a compreender a leitura deste diagrama, assim como as grandezas envolvidas nesta classificação.

Assim, o objetivo desta dinâmica é que os alunos possam fazer a observação remota vir-

tual das estrelas para encontrar seus valores de magnitude e então, de posse destes dados e de outros calculados a partir destes, encontrar a localização de uma dada estrela no diagrama, completando assim um ciclo observação-classificação.

Faça uma explanação sobre a organização do diagrama HR, como as características da estrela relacionam-se a sua localização neste diagrama, assim como sua importância no meio científico. Pode-se consultar Oliveira Filho e Saraiva (2004), capítulos 22 e 20, para uma melhor compreensão do diagrama HR e do índice de cor.

## **A.6.2 Realização da Dinâmica**

### *Descrição da Dinâmica:*

A dinâmica final consiste na observação remota (virtual) das estrelas, de modo que os alunos obtenham dados a respeito da mesma que possibilitem sua posterior localização no Diagrama HR. Para tanto, os alunos de posse dos dados coletados devem calcular outros parâmetros da estrela.

### *Montagem da dinâmica:*

Para esta dinâmica é necessário que cada grupo tenha acesso a, pelo menos, um computador. Em cada computador deve ser instalado o VIREO, “The Virtual Educational Observatory”, um recurso educacional de laboratório para astronomia, que está interligado a um enorme banco de dados astronômicos.

O *download* do programa, assim como de seu manual de instruções, pode ser feito de forma gratuita através do link para este fim, disponível em: <http://www3.gettysburg.edu/marschal/clea/Vireo.html>

Observa-se, no entanto, que o software, assim como todo o material, está em inglês e só pode ser instalado em computadores com sistema operacional Windows. Apesar de não necessitar do domínio avançado da língua, os alunos podem apresentar alguma dificuldade. Convém então, que o professor interesse-se dos termos utilizados no software.

Inicialmente os grupos deverão ter acesso ao software e se familiarizarem com ele.

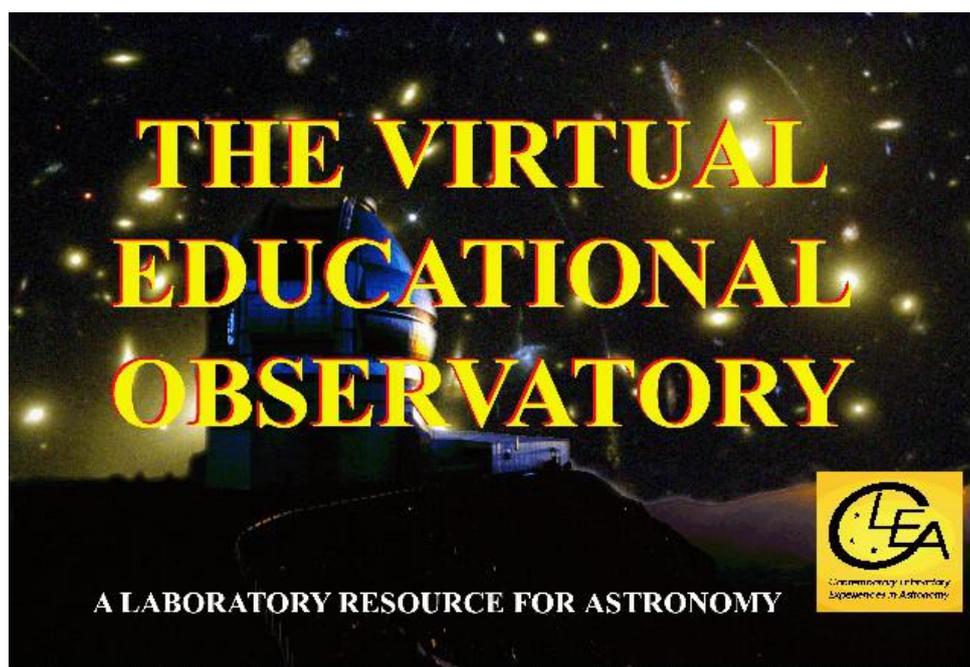


Figura A.8: Tela inicial do software VIREO.

Para esta dinâmica está disponível uma tabela com uma lista de estrelas e informações complementares de cada uma delas, como coordenadas, paralaxe e distância, no Apêndice C deste trabalho: “Tabela de Estrelas”. Cada grupo recebeu uma relação com algumas estrelas pertencentes à tabela, para observação e coleta de dados.

Caso se consiga fazer corretamente a observação de todas as estrelas presentes nesta tabela, o diagrama HR resultante, no formato magnitude absoluta na banda V como função do índice de cor (B-V), é apresentado na figura A.9.

### ***Coleta de Dados:***

A coleta de dados a ser feita, para cada estrela, consiste primeiramente nas medições das emissões de fundo do céu, ou seja, intensidade luminosa que chega ao telescópio, provenientes de outras fontes, além daquela que se deseja medir as magnitudes, e então, posterior medição das magnitudes da própria estrela para os filtros U, B e V, respectivamente.

No Apêndice B deste trabalho segue um manual simplificado para o uso do VIREO, incluindo apenas as etapas necessárias para a atividade desenvolvida nesta dinâmica.

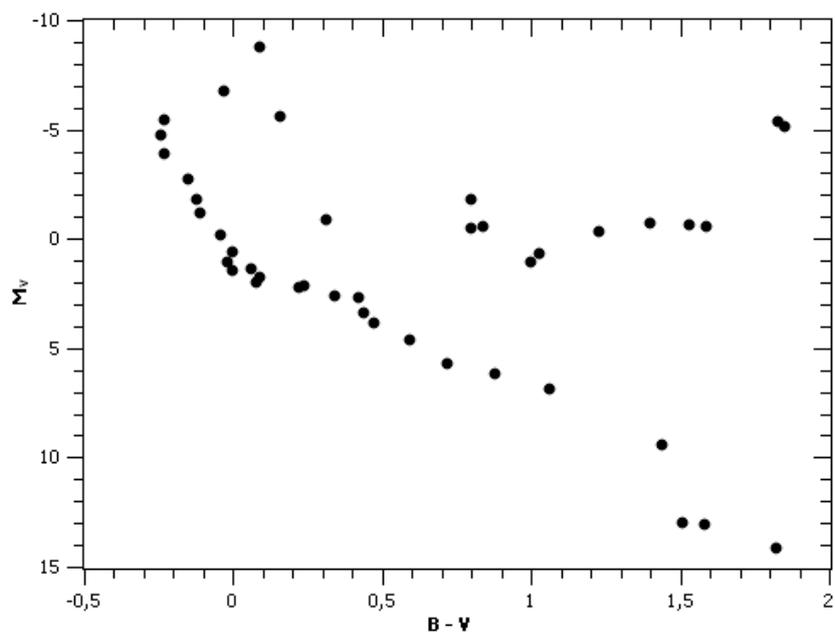


Figura A.9: Diagrama HR construído com os dados obtidos através do Vireo para todas as estrelas listadas no apêndice C.

### A.6.3 Conclusões

#### *Sistematização do Conhecimento*

Apresente aos alunos o cálculo do índice de cor e também da temperatura da estrela a partir dos valores de magnitudes coletados.

É muito importante que os alunos percebam que a magnitude absoluta é função da magnitude observada e da distância da estrela, e também que a temperatura é função do índice de cor, que por sua vez é função das magnitudes B e V coletadas. Utilizaremos o índice de cor B-V, ou seja, a razão entre os fluxos nas bandas B e V, ou equivalentemente, como a diferença entre as respectivas magnitudes.

Assim, deve-se concluir com os alunos que a simples observação das magnitudes da estrela em diferentes filtros pode gerar outras informações sobre a mesma.

#### *Tarefa Final*

Como tarefa final desta dinâmica os alunos devem primeiramente calcular o índice de cor, temperatura da estrela e magnitude absoluta, como segue:

O índice de cor é dado pela diferença entre as magnitudes coletadas para os filtros B e V.

É interessante aproveitar este momento para discutir com os alunos a noção do cálculo da temperatura da estrela, que pode ser realizado em função do índice de cor B-V, utilizando, segundo Battat (2005), a seguinte relação matemática:

$$T_{(K)} = \frac{8540}{0,865 + (B - V)}$$

onde T é a temperatura da estrela e (B-V) é o índice de cor.

Ainda segundo Battat (2005), esta relação matemática é obtida de forma empírica e é derivada da relação entre índice de cor e temperatura de um corpo negro, que sofre alterações devido ao fato da estrela não ser um corpo negro ideal.

Para maior detalhamento da Radiação de Corpo Negro, consulte Eisberg e Resnick (1979).

Para o cálculo da magnitude absoluta da estrela na banda V ( $M_V$ ), usaremos:

$$M_V = V - 5 \log \frac{1}{10 p''}$$

onde V é o valor de magnitude aparente coletado no VIREO para a banda V e p é a paralaxe da estrela (em segundos de arco), que consta entre os dados recebidos pelos alunos.

Assim, após estes cálculos, os alunos possuem os parâmetros necessários para encontrar a localização da estrela no Diagrama H-R. Então os alunos devem marcar a estrela no mesmo diagrama HR fornecido pelo professor utilizando a cor adequada para uma dada região do diagrama, que está indicada em sua parte inferior (ver figura A.10). Note que o eixo das ordenadas é invertido.

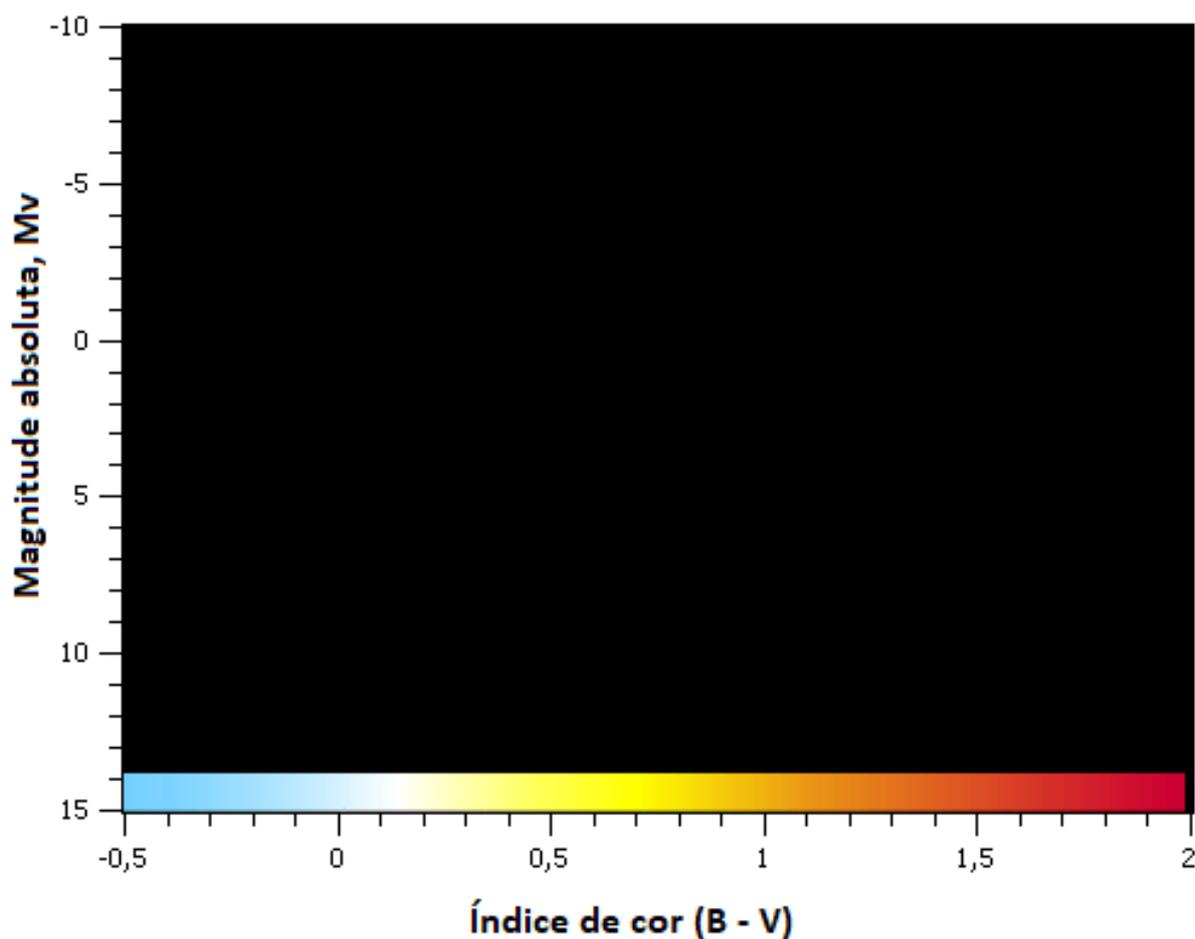


Figura A.10: Diagrama HR com fundo negro para ser utilizado na dinâmica referente ao tema 4 - Observação.

Uma forma de dar destaque ao trabalho final, é utilizar etiquetas coloridas auto-adesivas redondas sobre um fundo negro (no caso, foram utilizadas etiquetas de raio 12 mm).

Para posterior conferência, foi solicitado aos alunos que escrevessem na etiqueta o código da estrela, que constava na tabela recebida no início da dinâmica.

Ao final da dinâmica o professor deve conferir as posições das etiquetas de cada grupo para decidir o número de casas a ser avançadas no tabuleiro.

## A.7 Finalização do Jogo

Após a tarefa da última dinâmica, o professor deve finalizar o jogo. Conforme o que foi combinado, o jogo tem caráter colaborativo e não competitivo, portanto deseja-se que todas as

equipes estejam em ótimo nível. É interessante que o professor prepare algum tipo de premiação simbólica para finalizar o processo de gamificação.

Para fins de jogo, as atividades desenvolvidas em grupo não foram utilizadas de forma quantitativa, mas, a critério do professor, podem ser utilizadas como parte de uma avaliação global do aluno.

## A.8 Avaliação Final

Finalizado o jogo os alunos foram solicitados a responder um questionário sobre alguns conceitos trabalhados durante a sequência didática, chamado de Avaliação Final, e que se encontra na íntegra no apêndice E.

A avaliação elaborada pode ser utilizada como avaliação individual dos alunos.

## Referências bibliográficas do produto

[Battat, James 2005] Battat, James. *Working with Magnitudes and Color Indices*, 2005 (<https://www.cfa.harvard.edu/~dfabricant/huchra/ay145/magnitudes.pdf>)

[Chesman, André e Macedo 2004] Chesman, Carlos; André, Carlos; Macêdo, Augusto. *Física Moderna: experimental e aplicada*. 2ª, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004

[Chung 2000] Chung, K.C.. *Vamos falar de estrelas?*, Rio de Janeiro: EdUERJ, 2000.

[Chung 2001] Chung, K.C.. *Introdução à Física Nuclear*, Rio de Janeiro: EdUERJ, 2001. p. 257-267

[Eisberg, Resnick 1979] Eisberg, Robert; Resnick, Robert. *Física Quântica*, tradução de Paulo Costa Ribeiro, Ênio Frota da Silveira e Marta Feijó Barroso. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1979. p. 17-42

[Halliday, Resnick e Walker 1996] Halliday, David; Resnick, Robert; Walker, Jearl. *Fundamentos da Física: óptica e física moderna*. Tradução de Gerson Bazo Costamilan, 4ª edição brasileira, Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1996

[Horvath 2013] Horvath 2013 Horvath, J.E. *Uma proposta para o ensino de astronomia e astrofísica estelares no Ensino Médio*, Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n4/a12v35n4.pdf>. Visitada em 07/01/2019.

[Oliveira Filho, Saraiva 2004] Oliveira Filho, Kepler de Souza, Saraiva, Maria de Fátima Oliveira, *Astronomia & Astrofísica*, 2ª edição, São Paulo: Editora Livraria da Física, 2004

# Apêndice B

## Manual VIREO - atividade desenvolvida

### *Início*

Ao acessar o software VIREO (Virtual Education Observatory), na tela inicial utilize os comandos *File>Login* e digite os nomes dos integrantes do grupo. Ao finalizar será aberta a tela do Observatório Educacional Virtual (The Virtual Educational Observatory).

Nesta tela, selecionar a atividade a ser desenvolvida através dos comandos: *File>Run Exercise>“HR Diagrams of Star Clusters”*. Será aberta a tela para a atividade.

### *Acesso ao Telescópio*

Escolha o telescópio através das comandos *Telescopes>Optical>Access 0.4 Meter*. Haverá uma mensagem confirmando o seu acesso e na tela aparecerá o interior do domo do observatório.

Para abri-lo, utilize o botão *On/Off*. Para ter acesso ao Painel de Controle do Telescópio, selecione o botão correspondente, que está na posição *Off*.

Será aberto o Painel de Controle, e a visão do céu em uma única tela. Acione o botão *Tracking* para o rastreamento das estrelas e assim obter uma visão fixa das mesmas (ou seja, o movimento do telescópio passa a acompanhar o das estrelas).

### *Busca das Estrelas*

Selecione os comandos *Slew>Set Coordinates*. Será aberta uma tela onde se deve informar os valores de Ascensão Reta e Declinação da estrela. Clicar em OK. Será aberta uma nova tela

solicitando a confirmação das coordenadas digitadas e então o apontamento do telescópio busca a estrela. Aguarde até que a estrela esteja posicionada no quadrado vermelho, no centro da tela. Para observá-la melhor, mude a opção *View* para a posição “Telescope”, à direita da tela.

### ***Coleta de Dados***

Certifique-se que para a opção *Instrument* esteja selecionado “*Photometer*”. Aparecerá um círculo vermelho no centro da tela, indicando a abertura do fotômetro.

Utilize o botão *Access*, na parte inferior da opção *Instrument* para abrir a tela de controle do fotômetro.

Para medir a contaminação de fundo, que também chega ao fotômetro e que deverá ser “descontada” da emissão total, deve-se colocar na posição “*Sky*” a opção *Reading* e utilizar os botões *N*, *E*, *S* e *W*, para mover a abertura do fotômetro para uma região totalmente escura. Deve-se, então, selecionar um dos filtros: *U*, *B* ou *V* e clicar em *Start*. Não é necessário anotar estes valores pois serão utilizados automaticamente pelo VIREO.

Repita essa última ação para os outros dois filtros.

Para medir a magnitude da estrela, deve-se colocar na posição “*Object*” a opção *Reading* e utilizar os botões *N*, *E*, *S* e *W*, para mover a abertura do fotômetro para a estrela. Selecione um dos filtros: *U*, *B* ou *V* e clique em *Start*. Após a medida, utilize os comandos: *File>Data>Record/Review*. Será aberta uma tela dos dados observados. Anote o valor da magnitude para o filtro medido e clique em OK para salvar estes dados.

Repita essa última ação para os outros dois filtros.

Repita as operações “Busca da Estrelas” e “Coleta de Dados” para todas as estrelas relacionadas.

# Apêndice C

## Tabela de Estrelas

Estrela	Ascensão Reta	Declinação	Paralaxe	U	V	B
Sirius A ( $\alpha$ Cma A)	06 45 08.9	-16 51 28	0,37921			
Canopus ( $\alpha$ Car)	06 23 57.1	-52 41 44	0,01043			
Arcturus ( $\alpha$ Boo)	14 15 39.7	+19 10 57	0,08885			
Vega ( $\alpha$ Lyr)	18 36 56.3	+38 47 01	0,12893			
Capella ( $\alpha$ Aur)	05 16 41.4	+45 59 53	0,07729			
Rigel A ( $\beta$ Ori A)	14 39 36.5	-60 50 02	0,00422			
Procyon ( $\alpha$ CMi)	07 39 18.1	+05 13 30	0,28593			
Betegeuse ( $\alpha$ Ori)	05 55 10.3	+07 24 25	0,00763			
Archenar ( $\alpha$ Eri)	01 37 42.8	-57 14 12	0,02268			
Hadar ( $\beta$ Cen)	14 03 49.4	-60 22 23	0,00621			
Altair ( $\alpha$ Aql)	19 50 47.0	+08 52 06	0,19444			
Acrux ( $\alpha$ Cru)	12 26 35.9	-63 05 57	0,01017			
Aldebaran ( $\alpha$ Tau)	04 35 55.2	+16 30 33	0,05009			

Tabela C.1: Tabela 01 para coleta de dados - tema 04. Os valores de ascensão reta são dados em horas, minutos e segundos, enquanto que a declinação é dada em graus, minutos e segundos de arco. Ambos correspondem à época de referência J2000. A paralaxe é dada em segundos de arco.

Estrela	Ascensão Reta	Declinação	Paralaxe	U	V	B
Antares ( $\alpha$ Sco)	16 29 24.5	-26 25 55	0,0054			
Pollux ( $\beta$ Gem)	07 45 18.9	+28 01 34	0,09674			
Deneb ( $\alpha$ Cyg)	20 41 25.9	+45 16 49	0,00101			
Mimosa A ( $\beta$ Cru A)	12 47 43.3	-59 41 19	0,00925			
$\epsilon$ Eridani ( $\epsilon$ Eri)	03 32 55.8	-09 27 30	0,31075			
$\gamma$ Crucis ( $\gamma$ Cru)	12 31 09.9	-57 06 48	0,03683			
GX And	00 18 22.9	+44 01 23	0,28027			
$\epsilon$ Ind	22 03 21.7	-56 47 09	0,27576			
$\tau$ Cet	01 44 04.1	-15 56 15	0,27417			
G1 54.1	01 12 30.6	-16 59 56	0,26905			
Ross 614 (GL 234A)	06 29 23.4	-02 48 50	0,24289			
Celaeno	03 44 48.2	+24 17 22	0,00753			
Taygeta	03 45 12.5	+24 28 02	0,00797			
Asterope II	03 46 02.9	+24 31 41	0,00858			
Elektra	03 44 52.5	+24 06 48	0,00806			
$\pi^1$ -Ori (7-Ori)	04 54 53.5	+10 09 01	0,02921			
$\chi^1$ -Ori (54-Ori)	05 54 22.8	+20 16 34	0,11312			
$\gamma$ -Lep (13-Lep)	05 44 27.9	-22 26 50	0,11261			
$\iota$ -Ant	10 56 43.0	-22 26 50	0,01618			
$\alpha$ -Cir	14 42 30.2	-64 58 34	0,06294			
Q-Vel	10 14 43.9	-42 07 22	0.03270			
$\epsilon$ -Leo (17-Leo)	09 45 51.0	+23 46 27	0,01118			
Muscida (1-UMa)	08 30 15.7	+60 43 05	0,01653			
$\eta$ -UMi (21-UMi)	16 17 30.0	+75 45 19	0,03387			
$\iota$ -Peg (24-Peg)	22 07 00.6	+25 20 42	0,08476			
Adhafera ( $\zeta$ -Leo)	10 16 41.4	+23 25 02	0,01366			
Alula Borealis ( $\nu$ -UMa)	11 18 28.7	+33 05 39	0,01425			
HIP 12961	02 46 42.5	-23 05 15	0.04345			

Tabela C.2: Continuação da tabela C.1.

# Apêndice D

## Avaliação Diagnóstica

1. O que é uma estrela?
2. Qual o formato de uma estrela? Desenhe.
3. O que é o Sol?
4. Qual a distância do Sol à Terra? A distância da Terra a outras estrelas é a mesma? Comente.
5. Como as estrelas produzem luz?
6. Por que durante o dia não vemos estrelas?
7. Por que algumas estrelas brilham mais que outras?
8. Do que é feita uma estrela?
9. Qual a cor de uma estrela?
10. Comente quais as suas curiosidades / dúvidas a respeito de estrelas.

# Apêndice E

## Avaliação Final

1. Como se forma uma estrela? O que é uma estrela?
2. Comente brevemente o que você aprendeu sobre o ciclo de vida das estrelas.
3. O que é um ano-luz?
4. Qual a distância do Sol à Terra? A distância da Terra a outras estrelas é a mesma? Comente.
5. Por que algumas estrelas aparentemente brilham mais que outras?
6. Por que é comum o comentário de que ao olharmos para o céu estamos vendo o passado?
7. Como as estrelas produzem energia? Explique.
8. Por que se diz que "somos feitos de poeira de estrelas"?
9. Como as estrelas produzem luz? Explique.
10. Qual o processo através do qual podemos saber qual elemento químico existe na estrela? Explique.

# Apêndice F

## Avaliação do Produto Educacional

### Avaliação do Curso

Indique em uma escala de 1 a 5, sendo:

1- Muito pouco

2- Pouco

3- Médio

4- Bom

5- Muito bom

1	Você ficou satisfeito com o curso	1	2	3	4	5
2	Como foi o seu envolvimento com o curso	1	2	3	4	5
3	Como foi a interação dentro de seu grupo?	1	2	3	4	5
4	Como foi a interação entre grupos?	1	2	3	4	5
5	Você considera que a interação entre os alunos contribuiu para a aprendizagem?	1	2	3	4	5
6	Você considera que a atividade estruturada como um jogo foi interessante?	1	2	3	4	5
7	Você considera que a parte experimental contribuiu para a aprendizagem?	1	2	3	4	5
8	Você considera que os vídeos e slides contribuíram para o seu entendimento?	1	2	3	4	5
9	Você considera que o seu conhecimento sobre estrelas aumentou?	1	2	3	4	5
10	Você participaria de outros cursos com esta estrutura?	1	2	3	4	5

*Apêndice G - Avaliação do Produto Educacional*

---

Escreva suas críticas, sugestões ou comentários a respeito do curso:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

# Referências Bibliográficas

- [Brasil 2000] Brasil, Ministério da Educação, *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio*, Brasília: MEC, 2000, Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencian.pdf>. Visitada em 26/09/2018.
- [Brasil 2002] Brasil, Ministério da Educação, *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio PCN+ Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*, Brasília: MEC, 2002, p. 59-86. Disponível em: [portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNaturez.pdf](http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNaturez.pdf). Visitada em 26/09/2018
- [Dias & Rita 2008] Dias, C. A. C. M; Rita, J. R. S. *Inserção da astronomia como disciplina curricular do ensino médio*, Revista Latino-Americana de Educação em Astronomia - RELEA, n 6, p 55-65, 2008.
- [Fidêncio Neto 2017] Fidêncio Neto, Messias, *Atividades Didáticas Observacionais com Telescópios Operados Remotamente*. 2017. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP. Disponível em: [www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d\\_messias\\_f\\_netto\\_corrigida.pdf](http://www.iag.usp.br/pos/sites/default/files/d_messias_f_netto_corrigida.pdf) . Visitada em 28/12/2018.
- [Langui & Nardi 2009] Langhi, Rodolfo; Nardi, Roberto. *Ensino da astronomia no Brasil: educação formal, informal, não formal e divulgação científica*, Revista Brasileira de Ensino de Física. Sociedade Brasileira de Física, v 31, n 4, p 4402-4412, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/8317>. Visitada em 26/09/2018.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- [Moreira 1999] Moreira, Marco Antonio, *Teorias de Aprendizagem*, São Paulo, EPU, 1999, p.107-120
- [MPEA 2018] <http://www.iag.usp.br/pos/mestradoprofissionalastro/portugues/publicações>.  
Visitada em 28/09/2018.
- [São Paulo 2010] São Paulo (Estado), Secretaria da Educação, *Currículo do Estado de São Paulo: Ciências da Natureza e suas Tecnologias*, São Paulo: SEE, 2010, p. 96-125.
- [Soares 2018] Soares, Fabiana Gozze, *Caracterização dos Trabalhos de Dissertações de Mestrado na área de Ensino de Astronomia defendidas no Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física*. 2018. 77f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG.
- [Studart 2015] Studart, Nelson *Simulação, Games e Gamificação no Ensino de Física*, In. SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, 21. 2015, Uberlândia. Anais... São Paulo: SBF, 2015, p. 1-17. Disponível em: [http://eventos.ufabc.edu.br/2ebef/wp-content/uploads/2015/10/Studart\\_XXI\\_SNEF\\_Final\\_NEW.pdf](http://eventos.ufabc.edu.br/2ebef/wp-content/uploads/2015/10/Studart_XXI_SNEF_Final_NEW.pdf). Visitada em 26/09/2018.
- [Vygotsky 1991] Vygotsky, Lev S., *A formação social da mente*, 4ª edição brasileira, São Paulo, Martins Fontes, 1991
- [Vygotsky 2005] Vygotsky, Lev S., *Pensamento e Linguagem*, 3ª edição brasileira, São Paulo, Martins Fontes, 2005
- [Zabala 1998] Zabala, Antoni, *A prática educativa: como ensinar*, (Locais do Kindle 244-247). Artmed. Edição do Kindle, Porto Alegre. Editado como livro impresso em 1998.
- [Zômpero & Laburú 2011] Zômpero, Andréia Freitas; Laburú, Carlos Eduardo, *Atividades Investigativas no Ensino de Ciências: Aspectos Históricos e Diferentes Abordagens*, Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências, p. 67 a 80, vol 13, 2011. Disponível em <https://seer.ufmg.br/index.php/ensaio/article/view/8545/6484>. Visitada em: 26/09/2018.