

Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



ANDRÉ BASTOS DA SILVA

EVOLUÇÃO ESTELAR NO ENSINO DE CIÊNCIAS

Feira de Santana

2017

ANDRÉ BASTOS DA SILVA

EVOLUÇÃO ESTELAR NO ENSINO DE CIENCIAS

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Astronomia, Departamento de Física, Universidade Estadual de Feira de Santana, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Astronomia.

Orientador: Prof. Dr. Dagoberto da Silva Freitas
Coorientador: Prof. Dr. Paulo César da Rocha Poppe

Feira de Santana

2017



ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

CANDIDATO (A): ANDRÉ BASTOS DA SILVA

DATA DA DEFESA: 20 de dezembro de 2017 **LOCAL:** Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 15:08h

MEMBROS DA BANCA		FUNÇÃO	TÍTULO	INSTITUIÇÃO DE ORIGEM
NOME COMPLETO	CPF			
DOGOBERTO DA SILVA FREITAS	341.965.955-53	Presidente	DR	DFIS-UEFS
MARILDO GERALDÊTE PEREIRA	793.153.647-91	Membro Interno	DR	DFIS-UEFS
ALEXANDRE DE FREITAS ESPELETA	102.100.988-13	Membro Externo	DR	DEXA-UEFS

TÍTULO DEFINITIVO DA DISSERTAÇÃO*:
EVOLUÇÃO ESTELAR NO ENSINO DE CIÊNCIAS.

*Anexo: produto(s) educacional(is) gerado(s) neste trabalho.

Em sessão pública, após exposição de 48 min, o(a) candidato(a) foi argüido(a) oralmente pelos membros da banca, durante o período de 2h. A banca chegou ao seguinte resultado**:

- APROVADO(A)
 INSUFICIENTE
 REPROVADO(A)

** Recomendações¹: ATUALIZAR AS REFERÊNCIAS. REESTRUTURAR O TEXTO DE FORMA QUE FIQUE CLARO O FUNDAMENTO PROPOSTO.

Na forma regulamentar, foi lavrada a presente ata, que é abaixo assinada pelos membros da banca, na ordem acima relacionada, pelo candidato e pelo coordenador do Programa de Pós-Graduação em Astronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana.

Feira de Santana, 20 de DEZEMBRO de 2017

Presidente: [Assinatura]
Membro 1: [Assinatura]
Membro 2: [Assinatura]
Membro 3: _____
Candidato (a): [Assinatura]
Coordenador do PGAstro: [Assinatura]

¹ O aluno deverá encaminhar à Coordenação do PGAstro, no prazo máximo de 60 dias a contar da data da defesa, os exemplares definitivos da Dissertação, após realizadas as correções sugeridas pela banca.



**ANEXO DA ATA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO:
PRODUTO(S) EDUCACIONAL(IS) GERADO(S) NO TRABALHO FINAL DE CURSO**

CANDIDATO (A): ANDRÉ BASTOS DA SILVA

DATA DA DEFESA: 20 de dezembro de 2017 LOCAL: Sala 03 do LABOFIS - UEFS

HORÁRIO DE INÍCIO: 15:08h

JOGO DIGITAL: STAR EVOLUTION.

Feira de Santana, 20 de dezembro de 2017.

Presidente: [Assinatura]
Membro 1: [Assinatura]
Membro 2: Alexandre de F. E. [Assinatura]
Membro 3: [Assinatura]
Candidato (a): André Bastos da Silva
Coordenador do PGAstro: [Assinatura]

Ficha Catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteado - UEFS

S579

Silva, André Bastos da

Evolução estelar no ensino de Ciências /André Bastos da Silva. – 2017.
107 f. : il.

Orientador : Dagoberto da Silva Freitas.

Coorientador : Paulo César da Rocha Poppe.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Feira de
Santana, Programa de Pós-Graduação em Astronomia, 2017.1. Evolução estelar. 2. Transposição didática. 3. Nucleossíntese. I. Freitas,
Dagoberto da Silva, orient. II. Poppe, Paulo César da Rocha, coorient.

III. Universidade Estadual de Feira de Santana. IV. Título.

CDU 52

Dedico este trabalho à minha família

Agradecimentos

Aos meus pais, por tudo que fizeram e fazem por mim.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Dagoberto da Silva Freitas e ao meu coorientador, Prof. Dr. Paulo César da Rocha Poppe.

A todos os professores que me ajudaram na minha jornada, em especial a Prof. Dra. Vera Aparecida F. Martins e ao Prof. Dr. Marildo Geraldête Pereira, por tudo, tanto na graduação quanto agora.

A todos os colegas e amigos com os quais convivi durante este período no mestrado.

A banca pela disponibilidade.

À Deus pela vida e por tornar este momento possível.

“Mais fácil me foi encontrar as leis com que se movem os corpos celestes, que estão a milhões de quilômetros, do que definir as leis do movimento da água que escoam frente aos meus olhos.”

Galileu Galilei

Sumário

Lista de Figuras.....	xi
Lista de Gráficos.....	xiv
Lista de Tabelas.....	xvi
Resumo.....	xviii
INTRODUÇÃO	1
1 ESTRUTURA ATÔMICA.....	3
1.1 Estrutura.....	3
1.2 O Modelo de Rutherford.....	4
1.3 O Núcleo Atômico.....	6
1.4 Massa e Energia.....	7
1.5 Radioatividade.....	9
1.4.1 Decaimento Beta.....	9
1.4.2 Decaimento Alfa.....	11
1.4.3 Decaimento Gama.....	11
2 NUCLEOSSÍNTESE E EVOLUÇÃO ESTELAR.....	13
2.1 A Sequência Principal.....	14
2.2 Cadeia PP.....	15
2.2.1 Cadeia PP 1.....	16
2.2.2 Cadeia PP 2.....	17
2.2.3 Cadeia PP 3.....	17
2.3 Ciclo CNO.....	18
2.4 Saída da Sequência Principal.....	20
2.5 Processo Triplo Alfa.....	22
2.6 Nucleossíntese até o Ferro.....	22
2.7 Nucleossíntese após o Ferro.....	25
2.7.1 Processo S.....	25
2.7.2 Processo R.....	26
2.8 A Morte das Estrelas.....	27
2.8.1 Anã Branca.....	28
2.8.2 Estrela de Nêutrons.....	29
2.8.3 Buraco Negro.....	29
3 REFERÊNCIAL TEÓRICO	31

3.1 Breve Histórico da FMC no Ensino Regular	31
3.2 Transposição Didática	33
3.2.1 O Saber Sábio, a Ensinar e Ensinado.....	34
4 METODOLOGIA.....	37
4.1 Livros Didáticos.....	38
4.2 Aulas de Astronomia e Física Nuclear no Ensino Fundamental.....	39
4.3 Grupo de Estudos Avançados em Astronomia.....	40
5 O JOGO DIDÁTICO.....	42
5.1 Jogos Didáticos.....	42
5.2 Trading Card Games.....	43
5.3 Evolution Star.....	45
5.3.1 As Cartas.....	46
5.3.2 Regras.....	46
6 RESULTADOS	48
6.1 Livros Didáticos.....	48
6.2 Pré-Testes.....	52
6.2.1 Grupo de Iniciação científica.....	53
6.2.2 Alunos do Fundamental II CEERC.....	55
6.3 Pós Testes.....	62
6.3.1 Grupo de Iniciação científica	66
6.3.2 Alunos do Fundamental II CEERC.....	65
7 CONCLUSÕES.....	71
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73
9 APÊNDICES.....	77
Apêndice A: Pré-Teste.....	77
Apêndice B: Pós-Teste.....	80
Apêndice C: Teste (Grupo de Iniciação Científica).....	83
Apêndice D: Cartas do Jogo Evolution Star.....	86

Lista de Figuras

- Figura 1.1** Três variações do mesmo elemento químico, com diferença no número de prótons. O mais simples e também mais abundante é conhecido como Prótio e o mais instável e menos comum é o Trítio. Fonte: <http://atomoemeio.blogspot.com.br>..... 3
- Figura 1.2** Experimento de Rutherford - Partículas alfa emitidas por uma fonte sofrem espalhamento em diferentes direções ao incidir sobre uma folha de ouro, permitindo calcular o raio nuclear. Fonte: UFRGS, 2002 5
- Figura 1.3** A banda de estabilidade, região escura, situa os nuclídeos estáveis. O número de nêutrons cresce mais rapidamente em relação ao número de prótons devido a repulsão elétrica. A reta representa valores iguais entre prótons e nêutrons. Fonte: <http://www.learner.org> 6
- Figura 1.4** Energia de ligação por núcleon em função do número de massa para nuclídeos estáveis. A energia cresce rapidamente até $A = 56$, que é um limite no qual os núcleons estão mais fortemente ligados, em seguida decresce lentamente. Fonte: Martin, 2006, pag.36. 8
- Figura 2.1** Diagrama H-R classifica as estrelas de acordo com sua luminosidade e temperatura ou tipo espectral. A faixa cinza chamada sequencia principal é onde a maior parte das estrelas observadas se encontra e consome hidrogênio como combustível principal. Alguns exemplos de estrelas próximas são apresentados e suas respectivas classificações no diagrama H-R. Fonte: <http://www.astro.iag.usp.br/> 15
- Figura 2.2** Representação esquemática da cadeia PP 1. A fusão de dois prótons forma deutério que, ao se fundir com outro próton, forma o nuclídeo hélio-3. Com duas reações deste tipo o hélio 4 pode ser formado a partir da fusão dos dois hélio-3 criados. Durante o processo energia é liberada em forma de radiação e partículas e, no fim, dois prótons são restituídos ao meio. 16
- Figura 2.3** Fusão de prótons com os catalisadores carbono, oxigênio e nitrogênio formando hélio. O ciclo principal CNO I inicia-se com o carbono 12 que é restituído após a formação de um núcleo de hélio. O ciclo CNO II e III pode ocorrer, mas com baixa probabilidade principalmente na passagem pelo flúor 19. Independentemente do caminho escolhido, 4 prótons são consumidos num ciclo completo. Fonte: Langer, 2012, pag. 52..... 19
- Figura 2.4** O ramo horizontal é uma faixa na qual as estrelas passam ao exaurir o hidrogênio no núcleo e começar a queimar hélio através do processo triplo alfa. Após consumir este

combustível no núcleo, elas vão para o ramo assintótico de gigantes ou supergigante. Fonte: UFRGS, 2014	211
Figura 2.5 Em diferentes estágios as estrelas continuam a queimar os elementos antes consumidos no núcleo, formando uma estrutura de camadas. Estrelas com massa maior que 10 massas solares prosseguem com a queima de neônio e oxigênio até formarem o ferro. Fonte: UFRGS, 2014	244
Figura 2.6 Na imagem é possível ver os restos da estrela que explodiu. No centro está a Anã Branca e ao redor o que sobrou de suas camadas externas. Devido à sua forma é chamada de Nebulosa do anel. Fonte: http://hubblesite.org/image/748/news_release/1999-01	28
Figura 5.1 Um dos tabuleiros do jogo Hearthstone Heroes of Warcraft. No centro da figura estão dispostas as cartas que serão confrontadas, de acordo com as regras do jogo. Fonte: BLIZZARD, 2017. Disponível em http://us.battle.net/hearthstone/pt/media/#screenshots	44
Figura 5.2 Um dos tabuleiros do jogo Magic 2015 - Duels of the Planeswalkers, no centro da figura estão as cartas usadas pelos jogadores, que estão representados por avatares no canto superior direito e inferior esquerdo. Fonte: https://www.skritz.com/magic-2015-duels-of-the-planeswalkers-sortez-le-porte-monnaie/	44
Figura 5.3 Mostra cartas do jogo Star Evolution. A primeira carta, da esquerda para direita, é uma Anã Branca que tem como atributos: 6 pontos de ataque e 7 defesa. As outras cartas são uma Estrela de Nêutrons e um Buraco Negro. As cartas representam os estágios finais da vida das estrelas de acordo com a massa que estas possuem. Fonte: André Bastos.....	45

Lista de Gráficos

- Gráfico 6.1** Mostra o número de páginas destinadas por cada livro a assuntos transversais a Astronomia. Conceitos de Radioatividade tem a maior concentração de resultados enquanto que Evolução Estelar não aparece em nenhum dos livros analisados. Todos os livros são de ciências para o 9º ano do ensino fundamental..... 51
- Gráfico 6.2** Mostra como é a distribuição de conteúdos em livros de ciências para o 9º ano do ensino fundamental. A divisão entre física e química é muito semelhante porém muitos conteúdos importantes aparecem muito pouco. Ao tema Astronomia é destinado apenas 4% do conteúdo..... 52
- Gráfico 6.3** Mostra o resultado do pré-teste aplicado à alunos do curso de astronomia realizado na escola pública CEECR. Na prova os estudantes forma orientados a não “chutar” podendo livremente marcar um x ou deixar em branco as questões que desconhecessem. A numeração do aluno corresponde a ordem de recebimento da prova e não a ordem alfabética.....54
- Gráfico 6.4** Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado por estudantes do grupo de astronomia CEECR. O resultados indicam os valores médios dentre um total de 12 estudantes.....54
- Gráfico 6.5** Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma A do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco.57
- Gráfico 6.6** Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma B do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco. É interessante notar que nesse teste quase metade dos estudantes revelaram não conhecer os conteúdos.....58
- Gráfico 6.7** Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma C do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco. Nesta turma o número de erros superou o de acertos.....59

- Gráfico 6.8** Mostra a proporção média dos acertos, erros e questões deixadas em branco para as 3 turmas avaliadas.....61
- Gráfico 6.9** Mostra o resultado do pós-teste aplicado a alunos do curso de astronomia CEECR. O índice de acertos está bem mais alto que o de erros ou brancos. Em apenas um caso os erros superaram os acertos. A numeração do aluno corresponde à ordem de recebimento da prova e não à ordem alfabética.....63
- Gráfico 6.10** Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco no teste realizado por estudantes do grupo de astronomia CEECR. O resultados indicam os valores médios dentre um total de 8 estudantes.....63
- Gráfico 6.11** Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma A do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco.65
- Gráfico 6.12** Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma B do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco.66
- Gráfico 6.13** Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma C do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco.67
- Gráfico 6.14** Mostra a proporção média dos acertos, erros e questões deixadas em branco para as 3 turmas avaliadas. A observação destes resultados médios mostra que 1% das questões foram indicadas como conteúdos desconhecidos e que, das 99% que consideraram como entendidas, mais da metade estavam corretas.....69

Lista de Tabelas

Tabela 2.1 Mostra a relação entre o tipo espectral das estrelas com sua cor, temperatura superficial e as linhas de absorção observadas. Cada linha tem relação única com um elemento, sendo assim, a sua identidade.....	14
Tabela 4.1 Mostra os temas escolhidos por alunos do grupo de astronomia do CEECR e os conteúdos de cada opção.....	40
Tabela 6.1 Mostra uma análise do livro Projeto Apótema Ciências, do 9º ano do ensino fundamental, indicando de que modo os conteúdos associados a astronomia estão distribuídos através da indicação da página e uma breve descrição de como o conteúdo aparece.....	49
Tabela 6.2 Análise feita em 4 livros do 9º do ensino fundamental, na qual é indicada os conteúdos, nível de detalhamento e quantidade de páginas. A graduação de detalhamento vai de Nenhuma (N), Citado Superficialmente (CS) e Citação Detalhada (CD).....	50
Tabela 6.3 Indica numeração, séries e resultados do pré-teste aplicado ao grupo de Astronomia do CEECR. Os alunos responderam a questões de astronomia e temas transversais, tendo como escolha responder a questão ou deixar em branco.....	53
Tabela 6.4 Apresenta o resultado do pré-teste aplicado a alunos da turma A do 9º ano do ensino fundamental do CEECR através distribuição de frequências com as classes “Acerto”, “Erro” e “Branco.....	57
Tabela 6.5 Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pré-teste aplicados a alunos da turma B do 9º ano do ensino fundamental do CEECR.....	58
Tabela 6.5 Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pré-teste aplicados a alunos da turma C do 9º ano do ensino fundamental do CEECR.....	58
Tabela 6.6 Apresenta o resultado total do pré-teste para as três turmas avaliadas. Em média as frequências se aproximaram nos acertos e erros.....	59
Tabela 6.7 Indica os nomes, séries e resultados do pós-teste aplicado ao grupo de Astronomia do CEECR. Os alunos responderam a questões de astronomia e temas transversais, tendo como escolha responder a questão ou deixar em branco.....	60

- Tabela 6.8** Indica a numeração, séries e resultados do pós-teste aplicado ao grupo de Astronomia do CEECR. Os alunos responderam a questões de astronomia e temas transversais, tendo como escolha responder a questão ou deixar em branco..... 62
- Tabela 6.9** Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pós-teste aplicados a alunos da turma A do 9º ano do ensino fundamental do CEECR.....65
- Tabela 6.10** Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pós-teste aplicados a alunos da turma B do 9º ano do ensino fundamental do CEECR.....66
- Tabela 6.11** Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pós-teste aplicados a alunos da turma C do 9º ano do ensino fundamental do CEECR.....67
- Tabela 6.12** Apresenta o resultado total do pós-teste para as três turmas avaliadas. O número de acertos é um pouco superior aos erros. Ambos são significativamente superiores aos resultados em branco.....68

Resumo

Nesta dissertação apresentamos como proposta o ensino de Evolução Estelar na disciplina ciências para alunos do 9º ano do ensino fundamental. A partir desta série, os alunos tem seu primeiro contato com estudo da estrutura atômica, tabela periódica, reações químicas, entre outros tópicos de física e química. Usando a Evolução Estelar, de um modo interdisciplinar, pudemos discutir estes conteúdos obrigatórios e, além disso, apresentamos novos conhecimentos como: a síntese dos elementos químicos, reações nucleares e outros temas de Astronomia e Astrofísica. Esta abordagem permite que os alunos tenham acesso a conteúdos de física moderna orientados pelos PCN, que por sua vez, tem sido ainda negligenciado nos currículos escolares. Com base na Teoria da Transposição Didática de Chevallard, analisamos os aspectos que tornam possível adequar o Saber Sábio e a Evolução Estelar, à realidade do ensino básico. Para tanto, fizemos inicialmente um levantamento quantitativo em livros didáticos, avaliando como os Saberes ligados a Astronomia tem sido apresentados. O segundo passo foi a realização de um pré-teste para avaliarmos o conhecimento prévio dos estudantes, e posteriormente compará-los com um pós-teste. A transposição destes conteúdos indicou que a Evolução Estelar em conjunto com a disciplina ciências torna o aprendizado mais lúdico e significativo, sendo uma proposta perfeitamente viável, assim como mostram os resultados. Ademais, construímos um jogo didático, produto educacional que pode ser usado como ferramenta que auxilie os estudantes no aprendizado dos processos evolutivos das estrelas.

Palavras-chave: Evolução Estelar, Transposição Didática, Nucleossíntese.

Abstract

In this dissertation we present as proposal the teaching of Star Evolution in the discipline sciences for students of the 9th year of elementary school. From this series, students have their first contact with study of the atomic structure, periodic table, chemical reactions, among other topics of physics and chemistry. Using Stellar Evolution, in an interdisciplinary way, we were able to discuss these obligatory contents and, in addition, we present new knowledge such as: the synthesis of chemical elements, nuclear reactions and other topics of Astronomy and Astrophysics. This approach allows students to gain access to modern physics content guided by NCPs, which in turn has been neglected in school curricula. Based on Chevallard's Didactic Transposition Theory, we analyze the aspects that make it possible to adapt the Wise Knowledge, Star Evolution, to the reality of basic education. To do so, we did initially a quantitative survey in textbooks, evaluating how the knowledge related to Astronomy has been presented. The second step was to perform a pre-test to evaluate students' prior knowledge, and then compare them with a post-test. The transposition of these contents indicated that the Star Evolution in conjunction with the science discipline makes learning more playful and meaningful, being a perfectly feasible proposal, as well as showing the results. In addition, we constructed a didactic game, an educational product that can be used as a tool that helps students learn the evolutionary processes of the stars.

Keywords: Star Evolution, Didactic Transposition, Nucleosynthesis.

INTRODUÇÃO

Desde a Grécia antiga temos relatos dos homens questionando do que é feito o ar, a Terra, os seres vivos e os corpos celestes. É certo que muitas outras civilizações se perguntavam o mesmo. Muitas teorias surgiram, mas foi na própria Grécia antiga (VAN MELSEN, 2004) que a ideia mais próxima da realidade aparece: A matéria é composta por uma partícula indivisível, o átomo. Hoje sabemos que os átomos são compostos por prótons, nêutrons e elétrons e estes ainda podem ser subdivididos em mais partículas ainda menores.

O estudo da estrutura da matéria é de grande relevância no mundo moderno, e implica diretamente numa série de importantes respostas às questões, como: “De onde viemos e para onde vamos? Do que somos feitos?” Estes questionamentos nunca ficam ultrapassados e nos acompanham durante toda nossa formação como indivíduo. Por isso, muitos especialistas já indicam a necessidade de incluir esses conteúdos nos currículos escolares (MENEZES, 2000), sendo orientados pelos PCN há algum tempo.

Partindo desses pressupostos, temos por objetivo principal introduzir o estudo da Evolução Estelar de modo interdisciplinar, tal qual proporcione aos estudantes um conhecimento geral acerca da síntese dos elementos químicos e outros temas transversais a Astronomia, Química e Física. O trabalho foi desenvolvido no Colégio Estadual Ernesto Carneiro Ribeiro (CEECR), localizado na cidade de Feira de Santana no estado da Bahia. No 9º ano do ensino fundamental os estudantes tem o primeiro contato mais aprofundado com esses temas, por isso, escolhemos esta série como público alvo.

No capítulo 1 deste trabalho é feita uma análise sucinta da física nuclear, abordando as notações, terminologias e os principais conceitos usados. Abordamos as principais interações e como são as reações que mantem, ou não, o núcleo atômico estável. No capítulo 2 são apresentados os processos de nucleossíntese e como estas reações influenciam na evolução das estrelas. A nucleossíntese é um processo no qual os elementos químicos são combinados no interior das estrelas, dando origem a núcleos atômicos diferentes. Estas reações tem influência direta sobre a estrutura da estrela e como ela evoluirá. Através dessa abordagem, vemos a possibilidade de usar a nucleossíntese para estudar os conteúdos obrigatórios, entretanto, tornando-os mais atrativos e lúdicos devido a própria natureza da Astronomia. Esse é um dos principais

problemas do ensino de ciências, como a física e química. O aprendizado é pouco significativo, lúdico, motivador, ou seja, não atrai o interesse dos estudantes.

Contudo a adaptação dos novos conteúdos requer muitos cuidados. Ainda mais quando falamos de temas ligados a física moderna, muitas vezes pouco explorados, inclusive no nível superior de ensino. Logo é natural o seguinte questionamento: Como estes conteúdos podem ser trabalhados em sala de aula de modo que sejam inteligíveis aos estudantes? É a partir desse ponto de vista que a teoria da transposição didática será utilizada. A transposição didática é um instrumento útil para que entendamos como o saber produzido pela ciência se transforma naquele que aparece nas salas de aula (BROCKINGYON E PIETROCOLA, 2005, p. 388). No capítulo 3 discutimos a transposição didática e suas características principais.

Nos capítulos 4 apresentamos a nossa linha metodológica. Em resumo, seguimos as etapas ordenadas da seguinte maneira: Revisão bibliográfica, pesquisa quantitativa-qualitativa de livros didáticos e intervenção /atuação em sala de aula. Cada uma dessas etapas possui uma correlação com o nosso referencial teórico: Na revisão bibliográfica temos a ciência discutida pelos cientistas em instituições de pesquisa e ensino que, por sua vez, deve passar por uma transposição chegando aos livros didáticos e finalmente na sala de aula.

Dentro ainda da proposta metodológica, temos a inserção dos jogos como ferramenta de ensino. O capítulo 5 é dedicado a discussão do nosso produto educacional e de como esses recursos lúdicos foram usados como fermenta para que a transposição pudesse ocorrer de maneira adequada.

Por fim, temos o capítulo 6 e 7, nos quais apresentamos os nossos resultados e conclusões. Para tanto, fizemos uma análise de como os conteúdos de Astronomia são apresentados em alguns livros didáticos. Também analisamos e discutimos os resultados dos pré-testes e dos pós-testes, que foram aplicados em 3 turmas regulares e uma turma multisseriada de iniciação científica. Comparando os resultados, expulsemos as impressões e conclusões sobre a viabilidade, desenvolvimento do projeto, aspectos positivos e negativos acerca deste projeto.

Capítulo 1

Estrutura Atômica**1.1 Estrutura**

O modelo moderno sobre o átomo, assim como o conhecemos, começou a ficar bem estabelecido após a descoberta dos elétrons, nêutrons e prótons. O elétron foi descoberto em 1897 por J.J Thomson (1856-1940), o próton em 1911 por Ernest Rutherford (1871-1937) e o nêutron em 1932 por James Chadwick (1891-1974) (LOPES,2009). No núcleo temos os prótons que tem carga positiva e os nêutrons que não possuem carga. Estas “partículas” tem massas aproximadamente iguais, entretanto no universo subatômico cada pequeno detalhe é de extrema relevância.

Na física nuclear usamos o termo núcleon para as partículas que compõem o núcleo. As diferentes combinações entre eles fazem com que o mesmo elemento apresente características distintas, como: a estabilidade, massa atômica, entre outras. Aos elementos com mesmo número de prótons chamamos isótopos, enquanto que para o mesmo número de massa chamamos de Isóbaros e o mesmo número de nêutrons de Isótonos. Apesar de muitas semelhanças, como por exemplo, nos isótopos do hidrogênio ${}^1_1\text{H}$, ${}^2_1\text{H}$ e ${}^3_1\text{H}$, cada um destes citados são únicos.

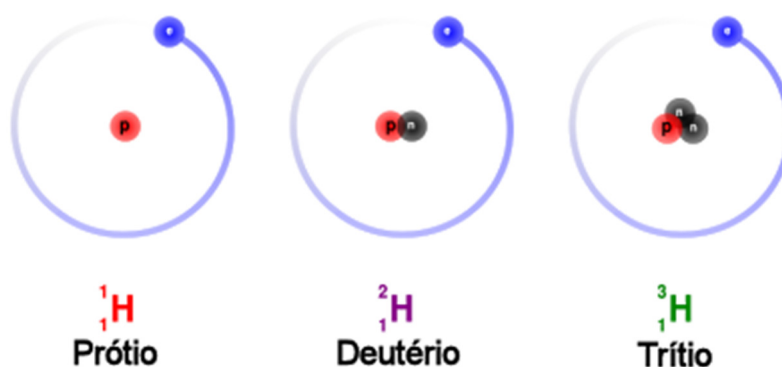


Figura 1.1. Mostra três variações do mesmo elemento químico, com diferença no número de prótons. O mais simples e também mais abundante é conhecido como Prótio e o mais instável e menos comum é o Trítio. Fonte <http://atomoemeio.blogspot.com.br>

Como já citamos o hidrogênio é o elemento mais comum no universo e sua forma mais simples é mostrada na figura 1.1, com o nome de Prótio, possuindo apenas um próton e um elétron. O isótopo Deutério possui um nêutron e um próton no núcleo e é muito comum no processo de formação de elementos no interior das estrelas. Finalmente o trítio

é o menos estável, e é pouco observado, exceto em situações produzidas em laboratórios, ou outras condições extremas.

Existem algumas maneiras de representar os núclídeos como a notação A_ZX . A letra Z é o número atômico ou número de prótons, A é o número de massa ou quantidade de núcleons e X é o símbolo que representa o elemento químico. Como o núcleo é composto por prótons (Z) e nêutrons (N) então: $A = Z + N$. Também podemos usar a notação (Z, A) ou escrever o nome do elemento e em seguida seu número de massa, por exemplo: carbono-12. Em todos os casos o número de nêutrons fica implícito.

Algumas propriedades dos elementos químicos foram descobertas pelos chamados alquimistas¹, que faziam experiências muitas vezes sem nenhum método científico, com finalidade mais mística que científica, mas contribuíram significativamente para o surgimento da química em meados do século XVI (FERREIRA, 2013). Apesar disso, pouco se sabia sobre a estrutura atômica e isso começou a mudar com o surgimento de novas tecnologias e o avanço da física. Um desses grandes avanços foi o experimento de Rutherford.

1.2 O Modelo de Rutherford

Durante algum tempo o modelo mais aceito acerca da estrutura atômica foi o proposto por Thompson em 1904. Neste modelo o átomo era descrito como uma esfera de carga positiva esférica e uniforme com vários elétrons distribuídos sobre ela (PARENTE, SANTOS, TORT, 2013). Esse modelo ficou conhecido como o modelo do pudim de passas.

Com o tempo, assim como é próprio da ciência, o avanço nas pesquisas trouxe um outro olhar sobre a natureza da estrutura atômica. O experimento conhecido como espalhamento de Rutherford, visto na figura 1.2, modificou radicalmente o nosso conhecimento acerca da estrutura dos átomos. É importante ressaltar que o experimento foi realizado por Johannes Hans Wilhelm Geiger e Ernest Marsden e, a partir disso, Rutherford escreveu um artigo, interpretando os resultados (MARQUES, D. M.; CALUZI, 2003)

¹ Os Alquimistas eram os praticantes da alquimia, arte antiga que misturava elementos de física, química, medicina, misticismo entre outras áreas. Faziam experiências com objetivos místicos porém contribuíram para o avanço da ciência, sendo considerados precursores da química.

Neste experimento as partículas alfa, que são núcleos de hélio e portanto possuem carga positiva, são emitidas por uma fonte em direção a uma folha de ouro. Os resultados indicaram que as partículas alfas foram espalhadas em diversos ângulos, entretanto a maior parte seguia em linha reta, ou seja, sem sofrer desvios. Estas observações vão de encontro a teoria de Thompson, pois seria impossível uma partícula positiva atravessar o átomo naquele modelo.

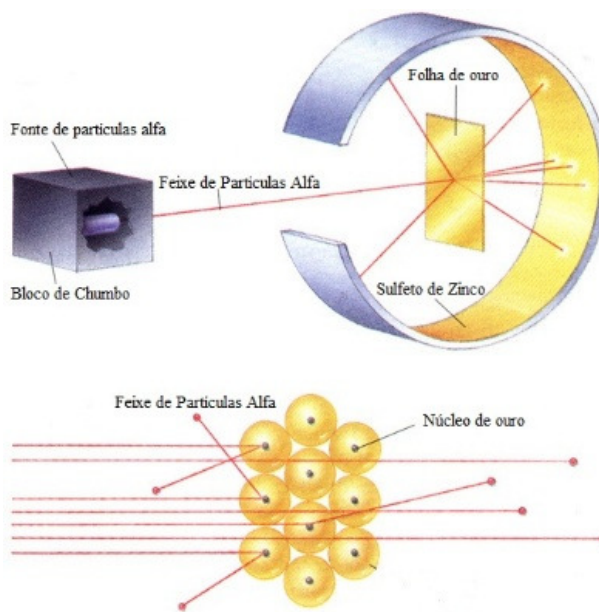


Figura 1.2 Experimento de Rutherford - Partículas alfa emitidas por uma fonte sofrem espalhamento em diferentes direções ao incidir sobre uma folha de ouro, permitindo calcular o raio nuclear. Fonte: UFRGS, 2002.

A partir deste experimento, Rutherford propôs um átomo composto por um núcleo positivo, no qual os elétrons com carga negativa girariam ao seu redor, semelhantemente ao modelo heliocêntrico para o Sistema Solar. Também foi possível determinar parâmetros como carga e raio nuclear. O raio dos núclídeos conhecidos varia entre 2 e 6 fm aproximadamente, onde um $1fm$ (fermi) equivale a $1 \cdot 10^{-13} cm$ (Marinelli, 2009). Com o tempo, outras descobertas foram feitas, como a existência do nêutron. Contudo o modelo de Rutherford possuía algumas falhas, sendo aperfeiçoado por outras teorias mais modernas.

Entretanto, uma questão ainda em aberto era o fenômeno da radioatividade, porque alguns núcleos emitiam radiação e passavam por transformações enquanto outros permaneciam estáveis? Estudar as interações entre as partículas que compõe o núcleo atômico foi fundamental para conhecermos como essas estruturas sem serem estáveis ou não. Por isso discutiremos a estabilidade nuclear na próxima seção.

1.3 O Núcleo Atômico

As “partículas” que compõe o núcleo, os prótons e os nêutrons, são chamadas de núcleons. Quando pensamos em cada partícula que compõe o núcleo, as imaginamos como corpos rígidos com posição e forma bem definida. Apesar da grande relevância dos efeitos quânticos nesta ordem de observação, experimentos como o próprio espalhamento permitem que uma modelagem esférica, para átomos estáveis, seja uma boa aproximação da realidade (BASDEVANT, RICH, SPIRO, 2005). Portanto, este será o modelo adotado neste trabalho.

No núcleo as partículas interagem de maneiras distintas dependendo da sua energia e carga, sendo três as interações fundamentais necessárias para entender os processos ocorridos nos núcleos. A interação eletromagnética pois há interação entre prótons, a interação nuclear forte que é responsável por manter os núcleons unidos e a interação nuclear fraca responsável pelo decaimento beta. Estas serão discutidas em outras seções deste trabalho.

Como os prótons possuem a mesma carga, a força elétrica entre eles aumenta, à medida que o número atômico também aumenta. Entretanto os nêutrons não sofrem ação desta força, o que explica o fato dos elementos mais pesados tenderem a ter um número maior de nêutrons que prótons, como é mostrado na figura 1.3.

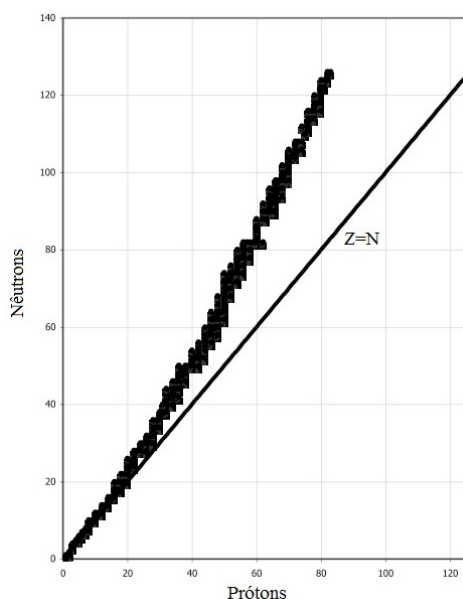


Figura 1.3 A banda de estabilidade, região escura, situa os nuclídeos estáveis. O número de nêutrons cresce mais rapidamente em relação ao número de prótons devido à alguns fatores, como a repulsão elétrica. A reta representa valores iguais entre prótons e nêutrons. Fonte: <http://www.learner.org>

Para valores de Z próximos de 20, o número de prótons e nêutrons são aproximadamente iguais. Após isso vemos que a repulsão elétrica se torna cada vez mais relevante e a assimetria cresce.

Contudo o modo no qual os núcleons ficam ligados e também a sua quantidade tem grande influência na estabilidade do núcleo. É sabido que uma grande assimetria no número de prótons e nêutrons tornam-se estruturas instáveis. Além disso, há evidências que mostram que núcleos com prótons ou nêutrons em número par, ou com os números mágicos 2,8,20,28,50 e 82 ficam mais fortemente ligados (TERUYA e DUARTE, 2011). Para entender a estabilidade é necessário conhecer a energia que mantém os núcleons unidos.

1.4 Massa e Energia

Sabemos que a força elétrica de repulsão entre cargas iguais torna-se maior quando diminuimos a distância que separa as cargas. Então como seria possível aproximar dois ou mais prótons a uma distância da ordem de 10^{-13} cm , se eles possuem cargas iguais? Qual seria a energia necessária para que a aproximação chegue no limite da interação forte?

A partir da famosa equação de Einstein, $E = mc^2$, foi possível entendermos melhor como energia e massa estão relacionadas. Em tese podemos saber a massa de qualquer elemento já que a massa dos prótons e nêutrons são bem estabelecidas, usando a relação:

$$m(Z, A) = Zm_p + Nm_n \quad (1.1)$$

Todavia quando comparamos os valores calculados experimentalmente com os resultados teóricos, encontrados usando a equação (1.1), percebemos que as massas apresentam uma pequena diferença. A diferença de massa é definida por:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - m(Z, A) \quad (1.2)$$

Quando um nuclídeo é formado parte de sua massa é convertida em energia de ligação dos núcleons. Portanto, para separarmos núcleons devemos fornecer energia igual ou maior a aquela que os mantém unidos. Substituindo a equação 1.2 em $E = mc^2$, temos a energia de ligação numa reação nuclear, expressa matematicamente por:

$$B(Z, A) = [Zm_p + Nm_n - m(Z, A)]c^2 \quad (1.3)$$

Para entender como cada núcleon fica ligado ao núcleo atômico definimos a energia de ligação média por núcleon, dividindo a equação (1.3) pelo número de massa do nuclídeo, chegando a equação:

$$B(Z, A)/A = [Zm_p + Nm_n - m(Z, A)]c^2/A \quad (1.4)$$

Usando a equação (1.4) podemos fazer um gráfico que mostre como a energia de ligação média por núcleon, $B(Z, A)/A$, muda com o aumento do número de massa. Observe a figura 1.3:

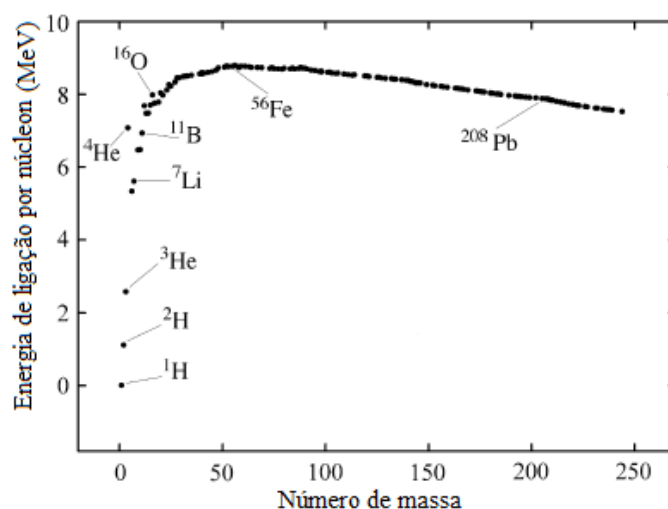


Figura 1.4 Energia de ligação por núcleon em função do número de massa para nuclídeos estáveis. A energia cresce rapidamente até $A = 56$, que é um limite no qual os núcleons estão mais fortemente ligados, em seguida decresce lentamente. Fonte: Martin, 2006, pag. 36.

Observando o gráfico da figura 1.4 vemos que a energia por núcleon cresce muito rapidamente chegando a um limite próximo ao nuclídeo ⁵⁶Fe, após este ponto a energia decresce bem lentamente. A explicação para esse fato é que com o aumento de A , a força repulsiva dos prótons se torna cada vez mais considerável, requerendo assim cada vez mais energia. Além disso, a interação forte é de curto alcance, assim o aumento do volume faz com que núcleons mais externos interajam muito pouco com os outros, tornando sua ligação cada vez mais difícil de ocorrer. Essa combinação de fatores leva a um excesso de nêutrons em relação ao número de prótons e isto tem grandes implicações nos

processos de formação dos elementos. Na próxima seção discutiremos as características do nuclídeos com baixa energia de ligação.

1.5 Radioatividade

Antes mesmo da publicação do modelo de Rutherford, acerca do núcleo atômico, sabia-se que alguns elementos químicos emitiam radiação. Um marco no estudo deste fenômeno foram as pesquisas independentes de Gerhard Carl Schmidt (1865 – 1949), na Alemanha, e, na França, por Marie Sklodowska Curie (1867 – 1934). Estes observaram que o elemento químico tório emitia energia de forma semelhante ao urânio (MARTINS, 1990). Marie Curie foi além disso observando que os elementos que emitiam esse tipo de energia possuíam grande massa atômica. Como vimos no gráfico 1.4 a energia de ligação por núcleon diminui lentamente nas vizinhas do número de massa 50.

Alguns nuclídeos com baixa energia de ligação por núcleon se tornam instáveis e podem sofrer transformações em sua estrutura ou composição. O processo no qual um núcleo se modifica através de emissão de partículas ou radiação é chamado de decaimento radioativo (Teruya e Duarte, 2011).

Cada nuclídeo decai de um modo, e em tempos diferentes, até alcançar a estabilidade. O tempo necessário para que metade dos núcleos iniciais decaia é chamado de meia-vida. É importante ressaltar que o decaimento é um processo de natureza quântica e sendo assim tem uma probabilidade de ocorrer num determinado tempo. Então não se pode determinar exatamente quando a reação ocorrerá apenas as probabilidades de que ocorram. Na próximas seções veremos alguns dos processos de decaimentos.

1.5.1 Decaimento Beta

Em algumas situações a estabilidade nuclear depende da relação entre o número de prótons e nêutrons, já que estes núcleons interagem entre si de forma distinta. Além disso, outras questões de natureza quântica, como a assimetria, interferem diretamente na estabilidade do núcleo atômico.

De um modo geral, o próton e o nêutron podem ser entendidos como diferentes estados de uma mesma partícula (núcleon) (CARUSO e OGURI, 1997). A própria natureza quântica da interação fraca permite a transição espontânea (ou não) entre estados dos

núcleons se isto for energeticamente viável. Caso ocorra uma transformação espontânea de um nêutron num próton, ou vice-versa, o número atômico muda, ou seja, o nuclídeo é transformado. Numa reação não espontânea, de captura por exemplo, o decaimento pode aumentar o número atômico ou o número de massa. Chamamos essas transições de decaimento Beta.

i) Beta Menos (β^-)

Um nêutron muda de estado se transformando num próton.



A mudança no núcleo $(Z, A) \rightarrow (Z + 1, A)$, mostra que este processo radioativo é um dos mecanismos de síntese de elementos através da transformação de elementos mais leves em mais pesados. A conservação da carga, energia, momento, entre outras, são respeitadas através da emissão do elétron e do antineutrino do elétron.

ii) Beta Mais (β^+)

Um próton muda de estado se transformando num nêutron



Neste caso a mudança no núcleo $(Z, A) \rightarrow (Z - 1, A)$, permite a síntese de elementos mais leves a partir dos pesados. É importante notar que a soma da massa do nêutron e do pósitron é maior que a massa do próton. Portanto este processo precisa absorver energia para acontecer, ou seja, é um processo endotérmico. Na maioria das reações essa energia é cedida naturalmente, como no caso da síntese de deutério que veremos futuramente.

iii) Captura de elétrons

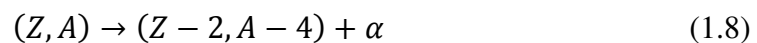
Em alguns casos elétrons livres ou da camada K são capturados o que provoca a seguinte reação:



A mudança no núcleo e as considerações feitas sobre as leis de conservação são as mesmas do decaimento β^+ .

1.5.2 Decaimento Alfa

Como vimos na figura 1.4 com o aumento do número de massa a energia de ligação por núcleon cresce rapidamente até atingir um máximo próximo ao ferro-56. A partir deste ponto a energia devido a interação elétrica e o termo de superfície mostrados na figura 1.6 se tornam mais relevantes. Nuclídeos muito pesados podem decair através da emissão alfa (núcleo de hélio), devido a estes fatores. A reação pode ser esquematizada por:



Evidentemente outros tipos de decaimento como o beta ou emissão de outros núcleos podem ocorrer e a probabilidade de que ocorram depende de muitos fatores. Por exemplo, o lítio-11 decai em aproximadamente 8,5 ms por decaimento beta menos, enquanto o berílio-8 decai em duas partículas alfa em aproximadamente 10^{-16} s (Teruya e Duarte, 2011). No primeiro caso o problema é a assimetria muito grande entre prótons e nêutrons, enquanto que, no segundo, a emissão espontânea α ocorre pois a massa do nuclídeo é maior que a dos núcleos alfa, levando a uma diferença de massa positiva, o que favorece esta reação.

1.5.3 Decaimento Gama

Sabemos que um elétron emite radiação quando sai de um nível mais energético para um menos energético. De modo análogo, um nuclídeo possui diferentes níveis de energia e, ao ser perturbado, pode apenas sofrer transições entre esses níveis, sem que haja mudança nos núcleons.

A reação que representa o decaimento gama é dada por:



O índice n representa um estado excitado. Nesse decaimento a radiação emitida é um fóton e sua energia depende da estrutura e da diferença de energia entre o estado final e inicial do nuclídeo.

No próximo capítulo veremos como e em que condições os elementos químicos são formados.

Capítulo 2

Nucleossíntese e Evolução Estelar

No universo há muitos elementos químicos e uma grande variedade de isótopos. Todavia, vemos que cada combinação de núcleons requer uma energia específica para se formar, além disso nem todos são estáveis. Onde haveria condições propícias para a formação dos elementos químicos? Uma resposta para essa pergunta é: Nas estrelas! Sendo assim estudaremos como as estrelas sintetizam diferentes tipos de elementos químicos e como isto está relacionado a evolução das mesmas.

As Estrelas se formam devido a pequenas flutuações de densidade em nuvens de gás e poeira chamadas de nebulosas. Compostas principalmente de hidrogênio estas pequenas flutuações acabam por colapsar a nuvem devido a ação gravitacional sempre atrativa. No centro da nuvem em colapso a temperatura cresce, à medida que a contração continua, até o momento no qual os prótons se fundem, liberando energia suficiente para manter o equilíbrio entre a pressão e a gravidade.

Para que haja formação de uma estrela, a massa da nebulosa que a originou deve ter cerca de 10^4 massas solares. Caso contrário, o colapso pode formar planetas ou até mesmo se atenuar (UFRGS, 2014). As estrelas recém formadas produzem energia majoritariamente pela reação conhecida como fusão. Este processo pode ser entendido como uma ligação entre dois núcleos, formando um único núcleo. A transmutação de hidrogênio, formando hélio, é processo no qual a maioria das estrelas permanece por mais tempo.

Estrelas mais massivas podem queimar hidrogênio usando carbono, nitrogênio e oxigênio como catalisadores (MACIEL, 2004). Neste caso a nebulosa já possuía esses elementos químicos, isso significa dizer que parte dela é fruto da morte de outra estrela. Essas estrelas são classificadas como de População I, enquanto que as mais antigas são de População III. As do tipo II e III tem baixa metalicidade, ou seja, poucos elementos químicos com $Z > 2$, pois houve pouco tempo para que a nucleossíntese acontecesse.

Há várias etapas na evolução estelar e tudo depende de alguns fatores como por exemplo: massa, composição química ou até interação com outras estrelas. Em resumo, os estágios finais são conhecidos como: Anã Branca, Estrela de Nêutrons e Buraco Negro.

Neste capítulo analisaremos como as estrelas podem evoluir, quais são os principais processos de nucleossíntese e qual a sua relação com os diferentes tipos de decaimento citados no capítulo anterior.

2.1 A Sequência Principal

Estrelas formadas com massas diferentes possuem muitas características diferentes, como cor, luminosidade e temperatura. Em 1890, foi criada uma classificação que relaciona as letras O, B, A, F, G, K e M com cores e temperatura superficial, como mostra a tabela 2.1. Essa classificação é conhecida como Sequência Espectral de Harvard.

Tabela 2.1 Mostra a relação entre o tipo espectral das estrelas com sua cor, temperatura superficial e as linhas de absorção observadas. Cada linha tem relação única com um elemento sendo assim a sua identidade.

Tipo Espectral	Cor	Temperatura Superficial (10^3K)	Linhas de Absorção Principais
O	Azul	>28	He ionizado (fortes), elementos pesados ionizados (OIII, NIII, SiIV),
B	Azulada	10-28	He neutro (moderadas), elementos pesados 1 vez ionizados
A	Branco	7,5 - 10	He neutro (muito fracas), ionizados, H (fortes)
F	Amarelada	6-7,5	Elementos pesados 1 vez ionizados, metais neutros (FeI, CaI), H (moderadas)
G	Amarelo	5-6	Elementos pesados 1 vez ionizados, metais neutros, H (relativamente fracas)
K	Laranja	3,5-5	Elementos pesados 1 vez ionizados, metais neutros, H (fracas)
M	Vermelha	<3	Átomos neutros (fortes), moleculares (moderadas), H (muito fracas)

As estrelas com temperatura superficial maior tem cor azul e são do tipo O, enquanto que as mais frias tem cor avermelhada e são do tipo M. A relação entre a cor e a temperatura é explicada por a lei de Wien, porém não entraremos em detalhes neste trabalho. É interessante citar que o espectro proveniente de uma fonte revela sua composição química. O espectro é como uma identidade dos elementos químicos em suas diversas composições eletrônicas.

Outro gráfico muito importante para o estudo das características das estrelas é o diagrama HR, desenvolvido por Ejnar Hertzsprung (1873-1967) e também de modo independente por Henry N. Russel (1877-1957). O diagrama HR é um gráfico que relaciona a luminosidade e o tipo espectral, veja a figura 2.1.

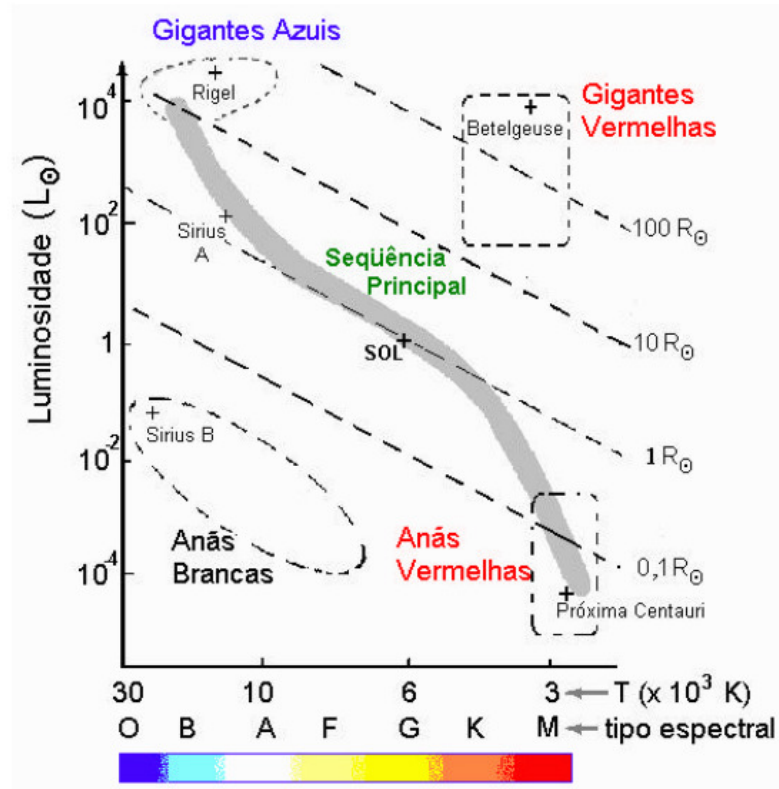


Figura 2.1 Diagrama H-R classifica as estrelas de acordo com sua luminosidade e temperatura ou tipo espectral. A maior parte das estrelas observadas se encontra na faixa cinza, chamada sequência principal. É nela que as estrelas consomem o hidrogênio como seu combustível principal. Fonte: <http://www.astro.iag.usp.br/>

No gráfico 2.1 é possível notar uma região cinza identificada como sequência principal. É nessa faixa que as estrelas recém formadas ficam enquanto queimam seu combustível principal, o hidrogênio. Enquanto o hidrogênio for a fonte primária de energia a estrela situa-se na sequência principal.

No momento em que a queima de hidrogênio não é suficiente para manter o equilíbrio entre a pressão e gravidade as estrelas evoluirão saindo da sequência principal. A partir dos próximos tópico veremos alguns processos de nucleossíntese em estrelas “jovens”, as suas transformações e principais características.

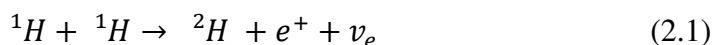
2.2 Cadeia PP

O processo mais comum para estrelas de massa próximas a do Sol é a chamada cadeia PP. Em síntese, esta reação pode ser entendida como a transmutação de hidrogênio em hélio através da fusão de prótons. Isto só acontece para temperaturas acima de $1,4 \cdot 10^6$ K (Madejsky, 2014), temperatura central suficiente para fazer com que dois ou mais prótons

em aproximação vençam a barreira coulombiana. A cadeia PP pode ocorrer de três modos distintos classificados como: PP1, PP2 ou PP3.

2.2.1 Cadeia PP 1

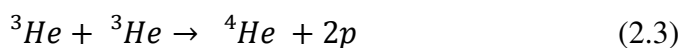
O ciclo primário de transformação do hidrogênio consiste em unir dois prótons e quando isso acontece ao invés da reação criar o nuclídeo ${}^2\text{He}$, ocorre um decaimento:



A reação acima é explicada pelo processo de decaimento beta mais (β^+) mostrado na equação (1.6). Posteriormente o deutério pode se combinar com outro hidrogênio formando hélio, através da reação:



Neste passo não há mudança de estado dos núcleos apenas energia sendo emitida em forma de fóton. Por fim, dois hélios 3 obtidos nos passos acima e se combinam em hélio 4.



Deste modo a reação é concluída sintetizando hélio e restituindo dois prótons ao meio. Podemos resumir todo o processo da cadeia PP1 pela reação mostrada na figura 2.2.

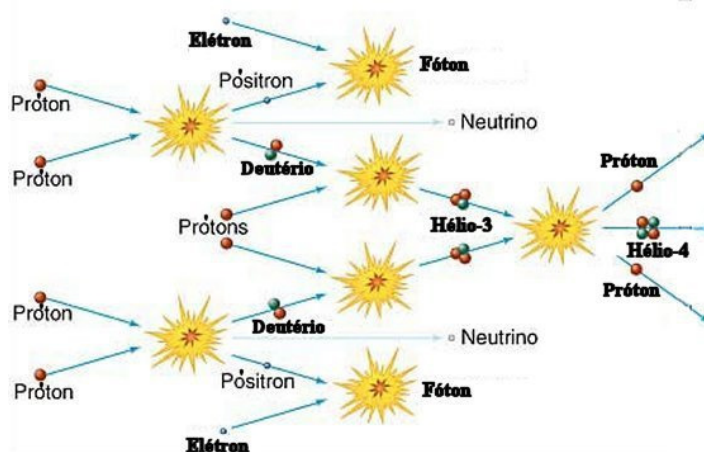
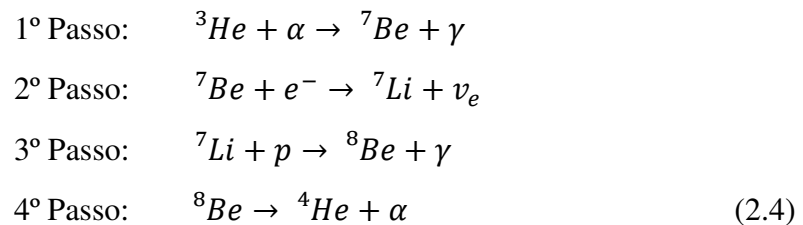


Figura 2.2 Representação esquemática da cadeia PP 1. A fusão de dois prótons forma deutério que aos se fundir com outro próton forma o nuclídeo hélio-3. Com duas reações deste tipo o hélio 4 pode ser formado a partir da fusão dos dois hélio-3 criados. Durante o processo energia é liberada em forma de radiação e partículas e no fim dois prótons são restituídos ao meio.

Além deste caminho, também existe a probabilidade de ocorrer outras reações a partir do último passo descrito pela PP1. A seguir veremos estes processos.

2.2.2 Cadeia PP 2

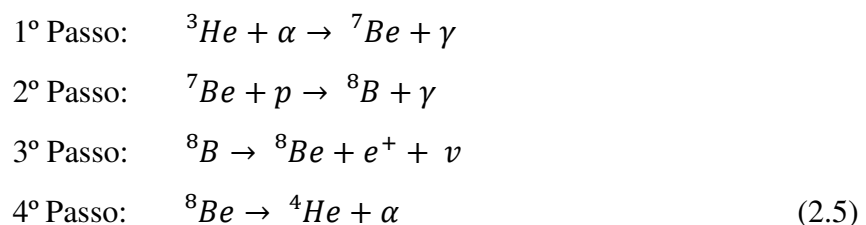
No processo descrito por PP1 vimos que é necessário a formação de dois ${}^3\text{He}$ até que a reação final ocorra, criando ${}^4\text{He}$. Contudo há a possibilidade de usar ${}^4\text{He}$ já formado na estrela como agente catalisador numa reação com ${}^3\text{He}$ através de dois caminhos diferentes. Um destes caminhos é a cadeia PP2 descrita pela reação abaixo:



No primeiro e terceiro passo temos apenas fusão através da interação forte, e no segundo e quarto passos temos os processos radioativos de decaimento por captura eletrônica e emissão alfa, respectivamente.

2.2.3 Cadeia PP 3

Usando o mesmo catalisador do processo PP2, e seguindo o primeiro passo temos:



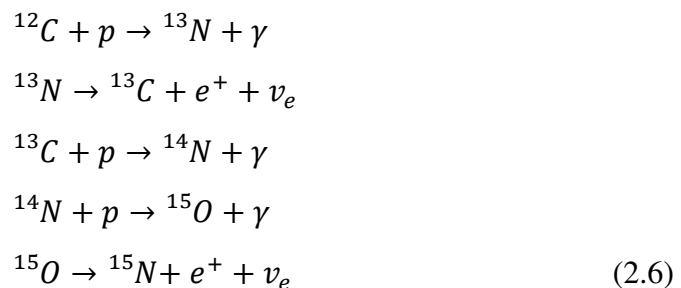
O ciclo PP3 tem como principal diferença em relação ao ciclo PP2, a captura de um próton através da interação forte com emissão de partícula gama, no segundo passo da equação (2.5).

No terceiro passo temos um decaimento β^+ e no último passo um decaimento alfa, semelhantemente ao ocorrido no PP2. A captura de um próton ao invés de um elétron, requer maior energia o que diminui a probabilidade de PP3 em relação a PP2. Notemos ainda que a captura de um próton pelo lítio dispende mais energia para o ciclo PP2 que o decaimento ocorrido em PP3, o que explica a diferença de energia entre eles.

2.3 Ciclo CNO

A massa inicial de uma estrela, assim como sua metalicidade, tem influência direta no modo como esta faz a nucleossíntese e por sua vez na sua evolução. Estrelas com massa acima de 1,5 massas solares podem usar o carbono-12, Nitrogênio-14 ou oxigênio-16 como catalisadores para produzir hélio. Esse processo é conhecido como ciclo CNO.

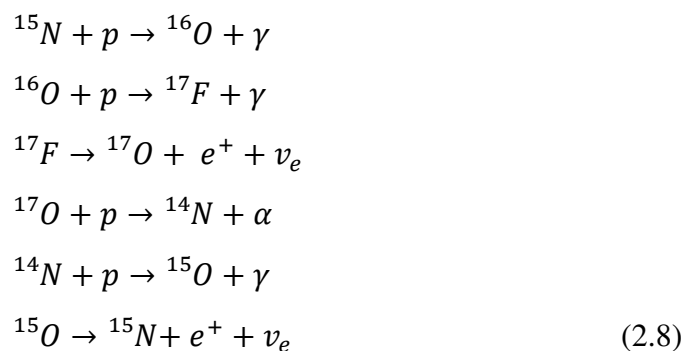
O ciclo CNO pode ocorrer das seguintes formas:



A partir da última reação na equação (2.6) temos dois caminhos possíveis. O mais provável é:

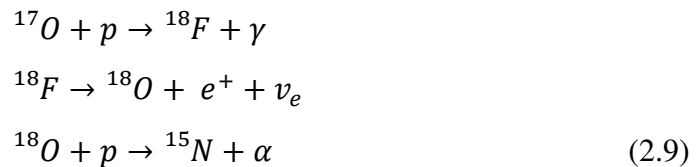


Vale ressaltar que o processo descrito acima pode continuar de forma cíclica consumindo prótons. Se o decaimento por emissão alfa não ocorrer no último passo de (2.7) o processo de síntese pode continuar da seguinte forma:



Também podemos pensar no processo acima começando a partir de ^{15}N formando um ciclo completo ao final de (2.8).

Novamente se o decaimento por emissão alfa não ocorrer agora no quarto de passo (2.8) o processo de síntese pode continuar para:



Após cada processo os catalisadores (CNO) são restituídos ao meio. Apesar de (2.9) não formar um ciclo que restitui ^{17}O , é possível que isso ocorra. Afim de evitar repetições de inúmeros ciclos, a figura 2.3 mostra que a partir da reação de fusão com um próton podemos formar um ciclo perfeito para cada nuclídeo. Ademais, em todos eles ocorre a liberação das mesmas quantidades de partículas e fótons, com a conversão de quatro prótons em um núcleo de hélio semelhantemente ao ocorrido na cadeia PP1.

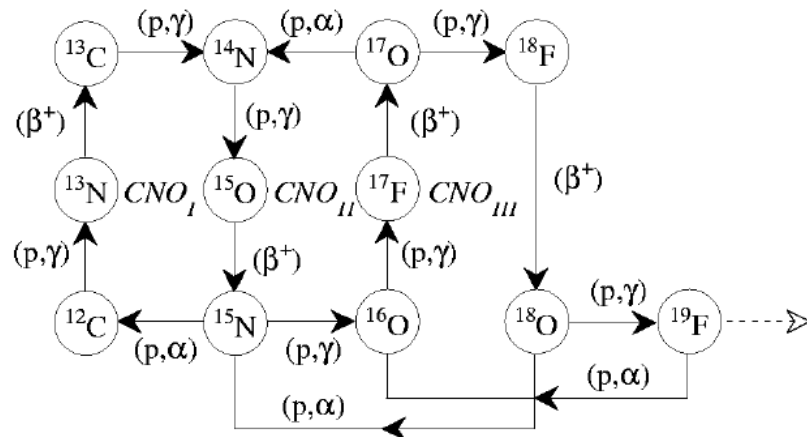


Figura 2.3 Fusão de prótons com os catalisadores carbono, oxigênio e nitrogênio formando hélio. O ciclo principal CNO I inicia-se com o carbono 12 que é restituído após a formação de um núcleo de hélio. O ciclo CNO II e III podem ocorrer mais com baixa probabilidade principalmente na passagem pelo flúor 19. Independentemente do caminho escolhido 4 prótons são consumidos num ciclo completo. Fonte: Langer, 2012, pag. 52.

Os possíveis caminhos alternativos mostrados em (2.8), (2.9) e na figura 2.3 tem baixa probabilidade de ocorrer. Existem diversas outras possibilidades de queima de hidrogênio os quais necessitam de altíssimas temperaturas e metalicidade para serem consideradas

relevantes. Os ciclos NeNa e MgAl são exemplos de meios alternativos para queima de hidrogênio mas no presente trabalho não serão discutidos.

É importante salientar que com redução do hidrogênio no núcleo e conseqüentemente um aumento do hélio, a força gravitacional se torna maior que a pressão da radiação aumentando a temperatura central. Em determinado momento a temperatura se torna tão alta que o hidrogênio nas camadas próximas ao núcleo e o hélio na região central começam a sofrer fusão. Isso faz a pressão se tornar cada vez maior levando a uma expansão e conseqüentemente ocorre a diminuição de sua temperatura superficial. Estrelas de baixa massa, como o nosso Sol, se tornam gigantes vermelhas.

No próximo tópico veremos como o hélio reage através da fusão liberando a energia necessária para manter a estabilidade estelar e como isso influencia na evolução das estrelas.

2.4 Saída da Sequência Principal

Enquanto as estrelas permanecem na sequência principal seu combustível é o hidrogênio, entretanto com o tempo a região central da estrela é enriquecida com hélio formado pelos diferentes tipos de fusão já citados. Quando o equilíbrio entre a fusão e a gravidade é perdido o colapso se torna eminente, exceto se a estrela usar uma fonte mais energética como combustível. Este é um ponto crítico no qual a estrela passará por muitas mudanças em sua estrutura saindo assim da sequência principal, contudo nosso objetivo é ter uma visão geral acerca da evolução estelar, logo não detalharemos muitos processos.

De um modo geral após a saída da sequência principal as estrelas chegam ao ramo das gigantes. Nesta fase o núcleo torna-se cada vez mais enriquecido por hélio porém o hidrogênio das camadas externas continua com a fusão (UFRGS, 2017). No momento em que o desequilíbrio entre as forças for muito grande, o colapso aumenta a temperatura ao limite capaz de produzir carbono pela queima de hélio, essa etapa é conhecida como “flash de hélio”. A principal reação de queima de hélio é chamado de processo triplo alfa. Quando este tipo de reação se torna predominante no núcleo temos um novo equilíbrio entre a gravidade e pressão, e a estrela entra no chamado ramo horizontal, figura 2.4 (ponto d). Após o tempo estimado em 100 mil de anos, o hélio através do processo triplo alfa também será consumido, criando um novo desequilíbrio entre a gravidade e pressão. Semelhantemente ao ocorrido após a sequência principal, haverá queima de hélio e hidrogênio em camadas mais externas, aumentando novamente o raio e levando nossa

estrela para o Ramo Assintótico das Gigantes (AGB), como mostrado na figura 2.4 (ponto e).

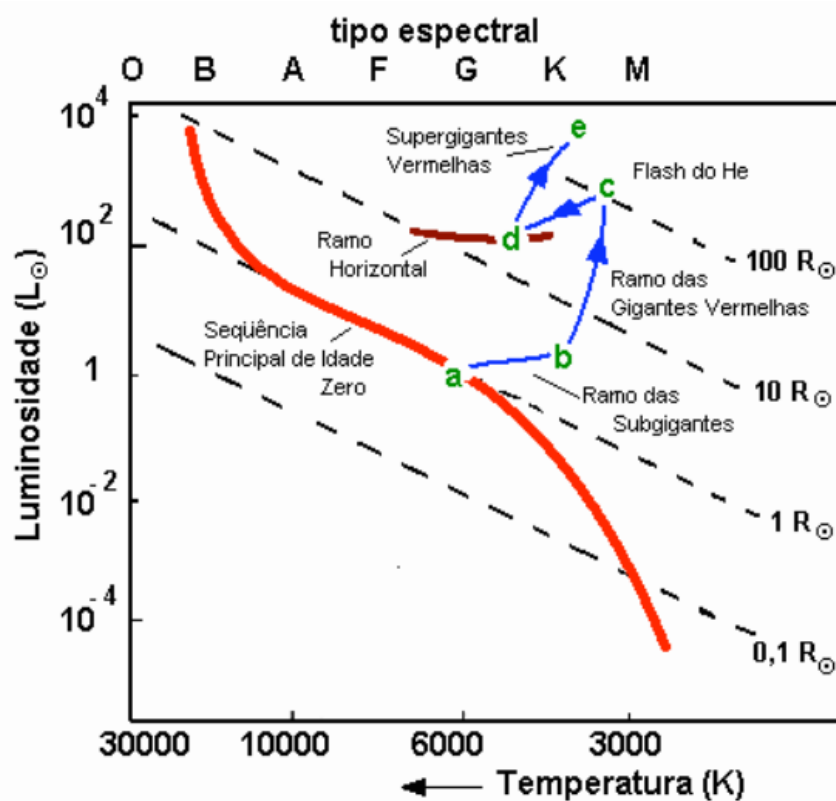


Figura 2.4 O ramo horizontal é uma faixa na qual as estrelas passam ao exaurir o hidrogênio no núcleo e começam a queimar hélio através do processo triplo alfa. Após consumir este combustível no núcleo elas vão para o ramo assintótico de gigantes ou supergigante. Fonte: USP, 2017

Ressaltamos que este caminho partindo do ponto *a*, mostrado na figura 2.4, é apenas um exemplo que nos dá uma ideia geral de como uma estrela, semelhante ao Sol, evoluirá com o tempo após sair da sequência principal. Estrelas mais massivas podem seguir por caminhos diferentes no diagrama HR, mas essencialmente a ordem da nucleossíntese se mantém a mesma. Nas próximas seções veremos as reações principais após a saída da sequência principal, para estrelas de diferentes massas.

2.5 Processo Triplo Alfa

A reação mais viável é com a própria partícula alfa que requer uma temperatura central de $T_c > 10^8 K$, assim a reação descrita é mostrada na equação 2.10:



O berílio-8 é um nuclídeo muito instável e decai muito rapidamente via emissão alfa, a equação (2.10) é reversível (DEXHEIMER, 2006). Portanto é necessário que outra reação ocorra logo em seguida com outro núcleo de hélio para que o nuclídeo se torne estável. Assim temos a reação mais simples e estável para queima de hélio, da seguinte forma:



Como são necessários três núcleos de hélio até a formação de um átomo estável o processo é chamado de triplo alfa. Outras reações são possíveis usando o hélio como combustível e isso depende da massa, composição e temperatura da estrela. Entretanto para a temperatura especificada outras reações tem baixa probabilidade de ocorrer, um exemplo disso é a reação

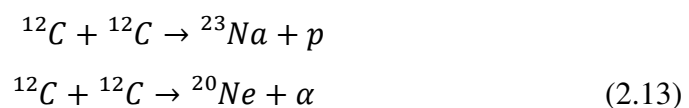


Para estrelas com massa maior, a temperatura central é capaz de sintetizar elementos estáveis a partir do carbono, na próxima seção veremos quais são as condições e os processos necessários para a produção de átomos com maior energia de ligação.

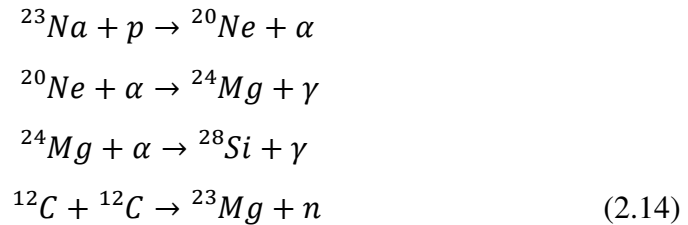
2.6 Nucleossíntese até o Ferro

Estrelas como o Sol não tem massa suficientemente grande para que a queima de elementos mais pesados que o carbono sejam sintetizados. Para temperatura $T_c > 6 \cdot 10^8 K$ as estrelas podem queimar o carbono-12 através da fusão deste e outros nuclídeos.

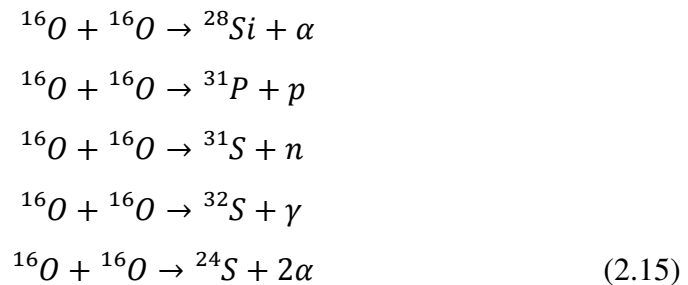
Abaixo temos as principais reações:



As reações acima tem probabilidades bem próximas de ocorrer e cada uma reação depende dos estados dos núcleos quando estiverem reagindo. O próton e a partícula alfa são imediatamente capturados dando prosseguimento a nucleossíntese através de diversas reações como os exemplos mostrados abaixo:

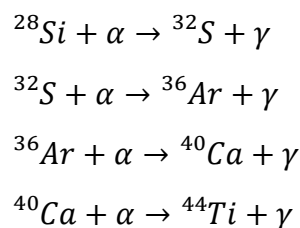


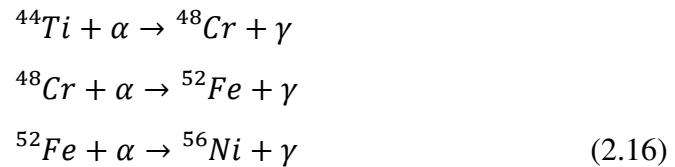
As reações mostradas em 2.18 ocorrem sem necessariamente seguir um caminho específico e são apenas alguns exemplos de como a queima de carbono enriquece o meio produzindo núclídeos mais pesados, nêutrons e prótons. Muitas outras reações podem ocorrer envolvendo o carbono-12, porém nos limitaremos neste trabalho as com maior probabilidade. Para temperaturas $T_c > 10^9 K$ o elemento que é usado como combustível é o oxigênio. As principais reações são:



Finalmente para temperaturas $T_c > 4 \cdot 10^9 K$ as estrelas podem queimar o silício-28. Dentre algumas possibilidades, apresentaremos apenas as que levam aos núclídeos com maior energia de ligação por núcleon.

As principais reações são:





O níquel-56 formado decai por captura eletrônica para o cobalto-56, que por sua vez também decai chegando no nuclídeo mais estável, o ferro-56.

Em cada período citado até agora muitas transformações ocorrem como a queima dos elementos em camadas externas subsequentes, variação da massa, luminosidade, raio e abundância dos elementos. A primeira camada com queima de hidrogênio surge após a saída da sequência principal, enquanto que a segunda de hélio após este não ser capaz de manter a estabilidade estelar. Desse modo surgem as camadas como mostra a figura 2.6:

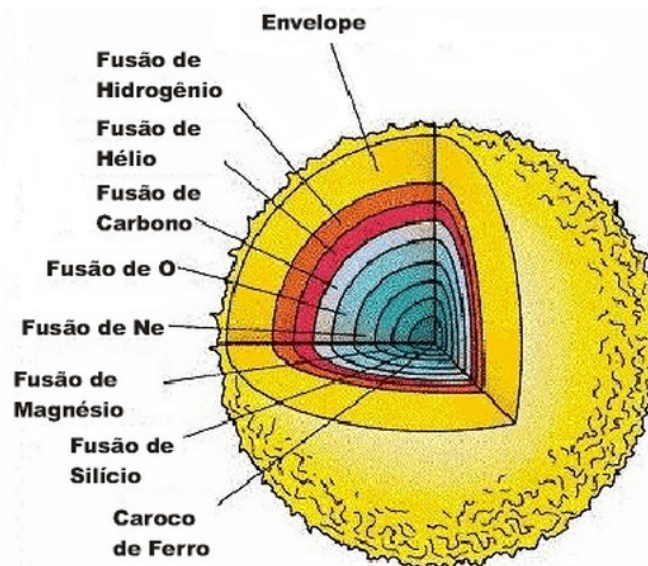


Figura 2.5 Em diferentes estágios as estrelas continuam a queimar os elementos antes consumidos no núcleo, formando uma estrutura de camadas. Estrelas com massa maior que 10 massas solares prosseguem com a queima de neônio e oxigênio até formarem o ferro. Fonte: UFRGS, 2014

É importante lembrar que as reações podem ocorrer mesmo para temperaturas diferentes por causa de um efeito chamado de tunelamento quântico, e que outros nuclídeos também podem ser formados (CHUNG, 2001). A tabela apenas mostra os principais caminhos evolutivos da nucleossíntese estelar. A partir do limite $A = 56$, várias vezes citado, as estrelas já não podem mais prosseguir com a fusão. Isto cria um desequilíbrio que leva a uma contração e posterior colapso do núcleo estelar. Durante o colapso as condições no núcleo mudam drasticamente levando a uma explosão conhecida como supernova.

Explodindo ou não a temperatura central pode ocorrer a captura rápida ou devagar de nêutrons. Neste processo núclídeos mais pesados que níquel-56 são criados por processos diferentes dos já citados até agora.

2.7 Nucleossíntese após o Ferro

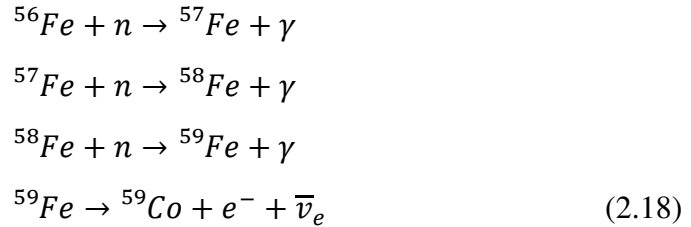
Após o ponto de máximo próximo ao ferro a energia de ligação por núcleon diminui continuamente. A fusão para elementos mais pesados ao invés de liberar energia para manter o equilíbrio com a gravidade faria o oposto, já que o processo seria endotérmico, ou seja absorve energia (JUNIOR, 2014). Em 1957 o trabalho de Burbidge-Burbidge-Fowler-Hoyle demonstrou alguns processos nos quais núclídeos com $A > 56$ poderiam ser formados nas estrelas com alta densidade de nêutrons, a partir da captura deste núcleon (Teruya, 2011). O nêutron, que não sofre interação coulombiana, após ser capturado decai em um próton aumentando assim o número atômico dos núclídeos. Quando a captura de nêutrons ocorre num tempo longo comparado ao decaimento (β^-) temos processo-s, onde s vem do inglês slow. Quando o processo de captura ocorre mais rapidamente que o tempo de decaimento, temos o processo-r, onde o s vem do inglês rapid. Além deste dois também há o processo de captura de prótons que ocorre em condições ainda mais extremas de temperatura e pressão. Na próxima seção citaremos resumidamente estes processos.

2.7.1 Processo S

O nêutron livre decai muito rapidamente, em 12 minutos aproximadamente, emitindo um próton, um elétron e um antineutrino do elétron. Para uma temperatura entre $1 - 2 \cdot 10^8 K$, a captura ocorrem em 10^4 anos, um tempo muito maior que o do decaimento β^- . Isto implica em uma captura seguida de decaimento, exceto se o núclídeo formado for estável, o que possibilita capturas sequenciais até o limite de instabilidade e posterior decaimento. A probabilidade de acontecer uma reação se torna relevante para uma densidade de nêutrons da ordem de $10^6 - 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ (Madejsky, 2014). Algumas reações como as mostradas em (2.14) e em (2.15) contribuem para a produção de nêutrons, mas a reação mais significativa é dada por:

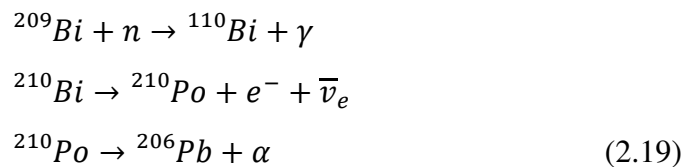


Assim, estes nêutrons livres podem ser capturados, formando novos nuclídeos como é mostrado na reação 2.18.



No equação (2.18) ocorre três capturas em sequência devido a estabilidade dos nuclídeos formados, mas ao formar o ferro-59 que é instável ocorre um decaimento β^{-} , formando o cobalto.

Através deste método a nucleossíntese pode formar nuclídeos até o bismuto-209. Isso ocorre pois a captura de nêutrons por nuclídeos com $A > 209$ leva a uma zona de alta instabilidade induzindo a decaimentos β^{-} e α .



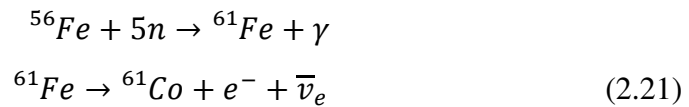
Para resolver este problema somente a captura de muitos nêutrons manteria a nucleossíntese viável, como isso não é possível no processo-s, somente um processo rápido ou processo-r é capaz de sintetizar nuclídeos com $A > 209$ estáveis.

2.7.2 Processo R

Em condições extremas como explosões estelares chamadas supernovas, a uma temperatura acima de $5 \cdot 10^9 K$ o meio é enriquecido com nêutrons e o processo de captura ocorre muito rapidamente. O tempo médio para que ocorra é 1-100 segundos e a densidade de nêutrons é ordem de 10^{20} cm^{-3} (Mohammadi, 2009). A principal fonte de enriquecimento de nêutrons numa estrela nessas condições ocorre a partir da reação:



Usando o mesmo nuclídeo inicial de (2.18) temos:



O cobalto é sintetizado mas com número de massa maior que o processo s. Assim vemos que o processo-r pode criar os mesmos nuclídeos que o processo-s e prosseguir mais rapidamente para criação de elementos muito mais pesados com número de massa superior a 209. Além destes processo a síntese pode ocorrer através do processo-p, que corresponde a captura direta de prótons. Uma das fontes de produção de prótons em reações extremas como as citadas é:



Após o colapso a estrela explode em supernova, se transformando numa Estrela de Nêutrons ou Buraco Negro. Suas camadas mais externas serão ejetadas enriquecendo o meio interestelar com parte dos nuclídeos criados até aqui. Este material criado pode ser novamente reaproveitado na formação de novas estrelas ou planetas, assim como o nosso Sol e a Terra, que são frutos dos processos nucleares ocorridos numa estrela que nasceu queimando hidrogênio e finalizou sua jornada realizando nucleossíntese explosiva. Este é um ciclo vida e morte, dominado por reações nucleares de proporções quânticas a reações explosivas das dimensões das estrelas.

2.8 A Morte das Estrelas

O tipo de transmutação e os possíveis caminhos evolutivos das estrelas dependem da massa inicial que a formou. Até aqui vimos como conseguem, a partir do hidrogênio, produzir elementos mais pesados como o hélio, carbono e até elementos químicos com número de massa superior ao ferro. Neste ponto, a estrela chega numa fase irreversível na qual não consegue mais resistir à ação da gravidade através das reações nucleares. De um modo geral, no fim do ciclo evolutivo, a estrela será classificada como Anã Branca, Estrelas de Nêutrons ou Buraco Negro. Estrelas com massas num intervalo entre

1 e 11 massas solares se tornarão Anãs Brancas, entre 11 e 50 massas solares, Estrelas de Nêutrons e, as acima de 50 massas solares um Buraco Negro (PICAZZIO, 2006).

2.8.1 Anã Branca

Estrelas de baixa massa chegarão a fase de supergigante vermelha consumindo hélio e hidrogênio em camadas mais externas. O núcleo, por sua vez, começa a acumular carbono sem que este sofra transmutação relevante. Isto cria um desequilíbrio entre a força gravitacional e a pressão da radiação, o que leva a estrela a uma ejeção das suas camadas exteriores. Este fenômeno é conhecido como Nebulosa Planetária. Este estágio continua até que as camadas sejam completamente afastadas do núcleo. Na figura 2.6 temos um exemplo de nebulosa planetária.

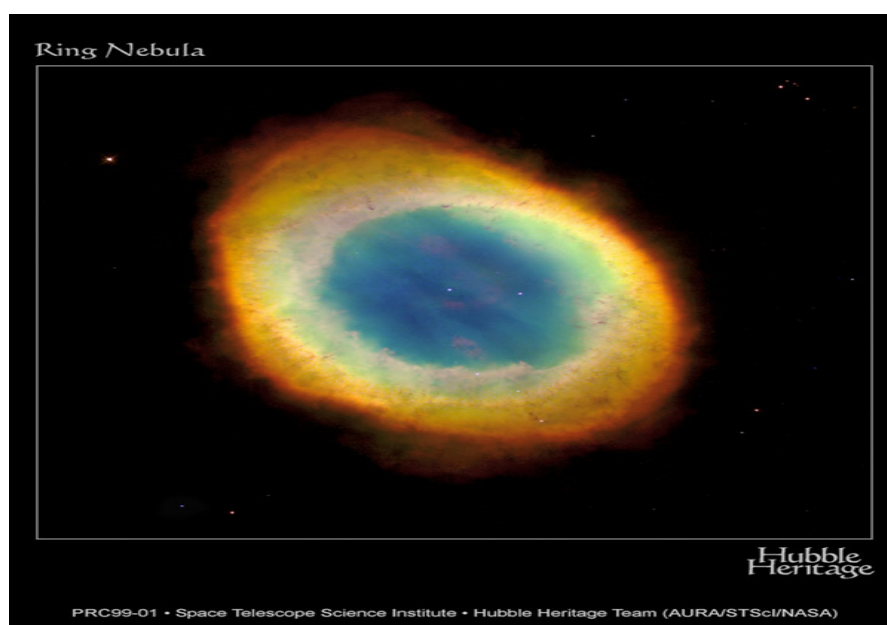


Figura 2.6 Na imagem é possível ver os restos da estrela que explodiu. No centro está a Anã Branca e ao redor o que sobrou de suas camadas externas. Devido a sua forma a é chamada de Nebulosa do anel. Fonte: http://hubblesite.org/image/748/news_release/1999-01

No centro da Nebulosa Planetária fica os restos do antigo núcleo da supergigante vermelha que é chamado de estrela Anã Branca.

Estas estrelas tem massas equivalentes a do Sol porém um raio centenas de vezes menor (ZABOT, 2011), ou seja, são objetos muito compactos e de alta densidade. Mesmo com a alta gravidade, o equilíbrio é reestabelecido devido a degenerescência dos elétrons. De uma maneira bem simples, podemos dizer que o estado degenerado dos elétrons ocorre quando estes são forçados a se aproximarem muito, diminuindo o raio atômico. Uma

estrela Anã Branca brilha devido a liberação de energia térmica até que gradualmente se torne uma negra.

2.8.2 Estrelas de Nêutrons

Estrelas de massa intermediária, entre 11 e 50 massas solares, evoluíram mais rapidamente usando reações propícias as altas temperaturas como as apresentadas entre as seções 2.3 e 2.7. A partir de 11 massas solares as estrelas de população I poderão usar o carbono como combustível para produção de elementos mais pesados (RITOSSA, GARCÍA-BERRO e IBEN, 1999), como apresentado da seção 2.6. Evidentemente, para um intervalo tão grande, há muitas variáveis que afetam as possíveis reações, entretanto o resultado final comum e já esperado é a produção de ferro (ver figura 1.4). Neste limite as reações de fusão serão endotérmicas e, conseqüentemente, o equilíbrio com a gravidade é perdido. A região central em colapso faz com que muitos nêutrons sejam formados pela reação (2.20) devido à grande pressão exercida pela gravidade. A reação é tão rápida e violenta que a energia liberada em menos de 1 segundo é superior a toda energia produzida até então pela estrela (PICAZZIO, 2006). Com tamanha liberação de energia, a estrela explode, ejetando as camadas externas. Esta etapa é conhecida como Supernova. Quando uma Supernova acontece devido a interação gravitacional com outra estrela a classificamos como Supernova tipo I. As do tipo II ocorrem com estrelas individuais. O que sobra da explosão é um objeto compacto chamado de Estrela de Nêutrons.

Esse nome se deve a grande pressão exercida pela grande força gravitacional num volume pequeno, ou seja, o núcleo é essencialmente composto por nêutrons. Possui alta rotação e fortes campos magnéticos. Quando o polo magnético está na linha de visada com o observador, pode-se notar pulsos periódicos de raios X, luz visível ou rádio. Neste caso, a estrela de nêutrons é classificada como Pulsar.

2.8.3 Buraco Negro

Estrelas com massa superior a 50 massas solares passam por etapas semelhantes a das estrelas de nêutrons, porém a intensidade das reações são maiores e o colapso forma uma estrutura tão compacta e densa que sua gravidade impede até que a luz escape, este é conhecido como Buraco Negro. O termo buraco negro foi adotado por John Archibald

Wheeler (WHEELER, 1969) para citar as estrelas colapsadas sobre seu próprio campo gravitacional.

Numa Estrelas de Nêutrons a gravidade é extremamente alta, contudo, o colapso ainda é contrabalançado pelos nêutrons em estado degenerado. O buraco negro, por definição, tem a gravidade tão alta que a matéria é colapsada para um ponto chamado de singularidade, ou seja, não há nada que contrabalance a gravidade. Portanto, a densidade de partículas no núcleo de um buraco negro será bem maior que numa estrela de neutrons. Existem alguns modelos de Buraco Negro, sendo o mais simples o modelo de Schwarzschild. Neste modelo, o Buraco Negro consiste em uma singularidade, horizonte de eventos e não possui rotação. O horizonte de eventos é uma região limite na qual, a partir dela, a velocidade de escape seria infinita, ou seja, após essa região nada mais poderia sair do Buraco Negro.

Ademais, os buracos negros podem ser classificados em estelares ou supermassivos. O primeiro tipo é assim chamado pois é formado por estrelas que chegam ao fim de sua vida. Já os buracos negros supermassivos seriam formados pelo colapso de milhões de estrelas no núcleo das galáxias.

Capítulo 3

Referencial Teórico

O grande desafio no ensino de ciências neste século consiste em tornar aprendizado significativo, atraente e mais próximo do cotidiano dos alunos. Entretanto o currículo continua o mesmo, o processo de adaptação dos novos conteúdos e de aplicação das descobertas científicas parece estagnado, senão regredindo. O modelo de ensino básico ainda é o tradicional com pouca abordagem de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), a saber, os programas concentram, em quase sua totalidade, a física descoberta entre 1600 e 1850 (TERRAZAN,1992).

Aulas expositivas-participativas, pouco uso de recursos tecnológicos, questões preparatórias para o Enem e vestibulares por hora traduzem o significado de estudar, de ir à escola. Tal cenário tem apresentado resultados bem negativos no que tange ao aproveitamento dos alunos em disciplinas como física, química e matemática. O reflexo dessa estagnação é o desinteresse crescente dos jovens em seguir carreiras científicas (TOLENTINO NETO, 2008). Como já dissemos, um dos aspectos mais citados para tal problema é que o conteúdo não tem muito significado no dia a dia, esporadicamente é aplicado de maneira prática e não refletem as novas descobertas científicas e tecnológicas. Como exemplo, podemos citar a criação e aplicação de incríveis máquinas de engenharia, as discussões sobre armas nucleares e energia, viagens interestelares e explosões de estrelas mostradas em filmes e documentários. Estes e outros exemplos mostram que existe uma grande quantidade de recursos que podem criar uma ponte entre a escola e o saber científico, sem que este pareça tão ultrapassado e desestimulante.

Deste modo, veremos nas seções seguintes um pouco do histórico recente de tentativas de inserção da FMC, e como é possível fazer transformações que sejam capazes de atender aos requisitos mínimos da escola, estudantes, professores e o conhecimento científico.

3.1 Breve Histórico da FMC no ensino Regular

Ao observamos a Lei das Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (LDB) notamos que as mudanças no ensino de física já são sugeridas e incentivadas, como por exemplo, temas da Física do século XX (BRASIL, 2006). Contudo a inserção dessa “nova física” tem

acontecido muito timidamente de maneira que é ínfimo o número de escolas que tratem adequadamente do assunto. Também podemos citar os PCN como indicadores dessa necessidade que segundo MENEZES (2000):

É parte desta preocupação (ressaltar o sentido da Física como visão de mundo, como cultura, em sua acepção mais ampla) a nova ênfase atribuída à cosmologia física, desde o universo mais próximo, como o sistema solar e em seguida nossa galáxia, até o debate dos modelos evolutivos das estrelas e do cosmos. (MENEZES et Al, 2000, p.7)

O primeiro trabalho de relevância global a mudar o ensino de ciências foi Physical Science Study Committee ou PSSC. O projeto iniciado no Instituto de Tecnologia de Massachusetts (MIT), em 1957 nos EUA, teve a contribuição de uma grande quantidade de Físicos, incluindo ganhadores de prêmio Nobel (FINLAY, 1962). Dentre suas contribuições podemos citar a sugestão da inclusão de laboratórios, renovação da linguagem dos livros didáticos e o acréscimo de questões abertas (ALVES FILHO, 2000). O projeto PSSC foi adotado em diversos países, inclusive influenciando diretamente projetos no Brasil. Na década de 1950, foi organizado o Instituto Brasileiro de Educação, Ciência e Cultura IBECC – UNESCO, que via em nosso país a necessidade de atualização do ensino básico de ciências, pois estas estavam aquém das novas descobertas e avanços científicos (RAW, 1963). Deste modo adotaram o PSSC como curso básico após uma visita em 1961 aos EUA, no qual tomaram conhecimento do projeto. O curso foi dividido em quatro partes: O universo; tempo e sua medição; espaço e medição; funções e escalas. Outro destaque foi o *Project Physics*, iniciado em Harvard em 1970, com objetivo de reformular o currículo das escolas médias, tornando a física mais interessante e acessível a jovens do ensino médio (LINDLEY, 2009). Este projeto teve origem logo após o lançamento da Sputnik, programa Russo de lançamento de satélites. O governo dos EUA solicitou que alguns físicos publicassem um curso nacional de física para estudantes do ensino médio, com o objetivo de incentivar mais jovens americanos no campo científico, produzindo assim mais cientistas que a Rússia. Mesmo sem êxito no projeto inicial, Jim Rutherford, Fletcher Watson e Holton começaram o *Project Physics*. Tal iniciativa teve grande impacto na educação científica americana, e influenciando diretamente outros países como Itália, Portugal, Japão, China, Austrália e Canadá (HOLTON, 2003).

Como consequência do avanço da ciência e da sociedade, outros autores também apontaram a necessidade da inclusão dos temas de FMC no ensino regular. Muitos outros exemplos podem ser citados como um currículo com destaque para o assunto armas nucleares na Holanda em 1984 e o ensino de tópicos de FMC em escolas da Inglaterra, iniciado em 1992 (OSTERMANN e MOREIRA, 2000).

A necessidade dessa inserção de conteúdos nos leva a uma questão importante: Como estes conteúdos podem e devem ser trabalhados em sala de aula?

É indiscutível que, para o público do ensino regular, os conteúdos devem passar por uma “modificação” que as torne inteligível aos estudantes, porém sem alterar os fundamentos dos temas. É a partir desse ponto de vista que a teoria da transposição didática será utilizada.

3.2 Transposição Didática

As publicações no meio científico são tecidas de acordo com normas e um rigor que as torna, na maioria das vezes, incompreensível ao público em geral. Matemática rebuscada, linguagem técnica e conceitos desconhecidos no cotidiano são exemplos de como o conhecimento é produzido no mundo acadêmico. Entretanto, sabemos da necessidade da difusão do conhecimento em todos os meios, entre eles temos: a sociedade e a escola nos níveis fundamentais e médio.

Alguns livros didáticos já incluem textos e até capítulos com discussões de temas de FMC porém, a maior parte apresenta discussões superficiais ou não retratam a essência das teorias discutidas. Mudar essa realidade é uma questão que tem sido muito discutida, todavia sem muito êxito. Como transpor o conhecimento científico à sociedade, sem retirar sua essência, é um dos grandes desafios.

Evidentemente não devemos esperar que o conhecimento produzido em instituições de nível superior seja apresentado nas escolas tal como é produzido. Durante o trajeto o saber deve ser adequado. A este processo no qual o conhecimento é adaptado até chegar em livros e sala de aula chamamos de transposição didática (CHEVALLARD,1991). Ficou muito conhecida a partir da pesquisa de Yves Chevallard (1946 -), um matemático francês, que a aplicou na Matemática transformando-a em teoria. A teoria avalia como a transposição ocorre, a partir do conhecimento produzido pelos pesquisadores, chamado de Saber Sábio, até chegar no conhecimento estudado em sala de aula, chamado de Saber Ensinado. Entre estes dois saberes temos o Saber a Ensinar que é entendido como o

conhecimento contido em livros e programas educacionais (SIQUEIRA e PIETROCOLA, 2006).

3.2.1 O Saber Sábio, a Ensinar e Ensinado

Estes Saberes encontram-se em “ambientes” diferentes, portanto é evidente que possuam características, objetivos e funções diferentes. Também fica claro que para o acesso entre os diferentes níveis de Saber são necessárias estratégias inteligentes de adaptação. Podemos citar como exemplo as Leis de Newton que usam como linguagem o cálculo diferencial e integral, e as leis de Newton usadas no ensino médio. Citando RODRIGUES, podemos notar essas discrepâncias:

“Boa parte dos exercícios de Cinemática e Termometria, por exemplo, nunca foram objeto de estudo da Física. Não existe nenhum grupo de físicos estudando transformações de escalas termométricas, nem tampouco algum que tenha como objeto de pesquisa o tempo de queda de uma lasca de madeira que se solta de uma ponte [Cálculos como esse ou similar estão presentes em vários livros do Ensino Médio quando o tema MRUV ou Queda-Livre é tratado]”.
(RODRIGUES, 2001, p.67)

Do Saber Sábio ao Saber Ensinado ocorrem muitas adaptações ao contexto próprio do estudante do ensino regular. Contudo é importante ressaltar que a transposição não consiste em apenas simplificar teorias ou linguagens, consiste numa adaptação para que possa ser ensinada dentro das regras e linguagens próprias da escola e do estudante (ALVES FILHO, 2000).

O Saber Sábio possui uma série de critérios e normas próprias já estabelecidas pela comunidade científica. Artigos, teses e dissertações são alguns dos seus meios de publicação. Mesmo após sua divulgação a maior parte deste saber não necessariamente se mostra atraente ao grande público. Somente aqueles com maiores impactos midiáticos ou de reconhecida aplicabilidade são incorporados ao currículo regular. É importante ressaltar que mesmo nos cursos de graduação de ciências exatas, o currículo ainda é

composto em sua maior parte por conteúdos de séculos passados, pois estes já estão muito bem estabelecidos por comprovações teóricas ou experimentais. Mesmo no nível superior o caminho entre o Saber Sábio e o Saber Ensinado passa por transformações. De modo semelhante ao do ensino regular, na graduação o saber precisa ser adequado aos objetivos que se propõe o currículo (Saber a Ensinar) e para isso uma nova roupagem é necessária para atingir os fins desejados. Esta transformação Chevallard chama de transposição externa. Aplicações práticas em exercícios e questionários, simplificações para situações ideais, bem como adequações didáticas são exemplos desta primeira transposição.

O saber a Ensinar também tem seus próprios critérios e normas. Parâmetros técnicos definidos por profissionais ligados a educação e órgãos governamentais tem como objetivo inserir conteúdos no contexto geral de ensino. Tais parâmetros podem ser discutidos por anos até chegar num consenso. Um exemplo disso são os já citados PCN. Neles são apresentados os conteúdos que deverão ser ensinados de acordo com as competências e objetivos educacionais que os órgãos responsáveis pela educação de um país julgam essenciais à formação do estudante. Livros didáticos, grade curricular e programas institucionais são exemplos materiais deste saber. Um problema recorrente observado é a falta de sinergia entre elementos do próprio Saber a Ensinar. Como exemplo desta falta de coesão podemos citar as orientações dos PCN e as ementas de vestibulares, estes dois muitas vezes tem um direcionamento muito distinto.

Por fim temos os professores em sala de aula, que são os responsáveis pela aplicação das propostas estabelecidas no Saber a Ensinar. Nesta etapa ocorre mais uma transposição, chamada por Chevallard de transposição interna, na qual o professor adapta os conhecimentos dos livros e programas de ensino, de acordo com as orientações dos órgãos responsáveis pela educação. O Saber Ensinado difere dos outros Saberes pois a prática do professor pressupõe que o Saber a Ensinar deve ser adequado as diversas variáveis observadas na sala de aula. Neste ambiente os protagonistas são os alunos, que possuem diferentes experiências acerca do Saber, de modo que, cada prática didática se torna única, mesmo que seja pensada de maneira igual. Portanto o professor faz a transformação interna criando assim um novo saber adequado à realidade da sala de aula, proporcionando ao aluno o acesso a essência do Saber Sábio, possibilitando a aplicação do Saber a Ensinar, ou seja, criando as relações entre os saberes cujos quais quer ensinar. (ALVES FILHO, 2000).

Neste trabalho usaremos este referencial teórico com objetivo de avaliar a melhor maneira de transpor o Saber Sábio próprio de tópicos de Astronomia e Física Nuclear, para o Saber

a ser Ensinado. Neste processo de transformação externa serão sugeridos sequencias didáticas, aplicações para livros, jogos e outras ferramentas educacionais, bem como a própria prática em sala de aula do Saber Ensinado.

Capítulo 4

METODOLOGIA

Em concordância com nosso objetivo, introduzir a evolução estelar no ensino de ciências, usamos como metodologia: Revisão bibliográfica, pesquisa quantitativa-qualitativa de livros didáticos e Intervenção /Atuação em sala de aula. Em cada um destes pontos citados temos uma associação com o nosso referencial teórico: Saber Sábio na revisão bibliográfica, Saber a Ensinar nos livros didáticos e grade curricular, e por fim o Saber Ensinado com atuação em sala de aula. Vemos neste trabalho uma possibilidade e oportunidade de contribuir com a difusão e ensino de ciências, sob o ponto de vista da Evolução Estelar e fundamentado na teoria da Transposição Didática.

Nossa atuação aconteceu no Colégio Estadual Ernesto Carneiro Ribeiro (CEECR) em 3 turmas do 9º ano do ensino fundamental, com uma média de 30 alunos por turma. Além disso criamos um grupo de estudos avançados com aulas aos sábados, no qual os estudantes participantes se inscreveram por vontade própria.

A revisão bibliográfica teve como parâmetro principal artigos, teses e livros com conteúdos relacionados a Evolução Estelar, estrutura da matéria e teoria da Transposição Didática. Além disso, outros temas correlacionados como por exemplo: ludicidade, física moderna e contemporânea e jogos didáticos fizeram parte da pesquisa devido a sua relevância neste trabalho.

O segundo passo foi a análise de livros didáticos com objetivo de descobrir como o tema que abordamos é apresentado atualmente no ambiente das escolas públicas. Após esta análise iniciamos as aulas com um pré-teste (apêndice A) com objetivo de sondar os conhecimentos prévios e comparar os resultados futuros. Além disso os resultados das provas regulares também foram usados na I unidade. Para a turma de estudos avançados fizemos um teste diferenciado, com questões com maior nível de dificuldade. Este teste pode ser encontrado no apêndice C. As questões discutidas nos pré-testes versam sobre os temas Estrutura, Representação e Reações Atômicas; Evolução Estelar e outros temas da Astronomia. Nestes tópicos abordamos conceitos e teorias, sem aprofundamentos em cálculos ou processos mais complexos, respeitando os conhecimentos prévios próprios das séries dos estudantes. É importante notar que alguns destes temas já compõe o currículo obrigatório, deste modo o que propomos foi um estudo transversal dos conteúdos, com a adição de outros ainda não contemplados.

4.1 Livros didáticos

O tipo de metodologia empregada na análise dos livros foi uma pesquisa, tanto quantitativa como qualitativa. Buscamos na pesquisa avaliar a quantidade de conteúdos de FMC, conteúdos diversos de Astronomia e aqueles relacionados com Evolução Estelar, além de Física Nuclear ou afins. No aspecto qualitativos focamos no grau de profundidade com o qual os temas foram abordados.

A pesquisa em si é uma agente balizador para que possamos entender que tipo de Saber a Ensinar tem se destacado em contraste com outros, ou se inclusive o que propomos tem sido abordado e como é esta abordagem. Esta é uma ferramenta poderosa para que possamos contribuir de algum modo para a melhora da educação. Como FREIRE nos sugere:

“Pesquiso para constatar, constatando, intervenho, intervindo educo e me educo. Pesquiso para conhecer o que ainda não conheço e comunicar ou anunciar a novidade”
(FREIRE, 2002, p.14).

Todos os livros são de ciências para o 9º ano do ensino fundamental, com um total de livros analisados igual a 5. O único critério para escolha dos livros foi que o tempo desde a publicação não excedesse 3 anos para que desse modo avaliássemos os livros mais recentes e indicados às escolas públicas

Para a avaliação qualitativa observamos o grau de detalhamento desenvolvido sobre o conteúdo. Desse modo, se o conteúdo não é citado, indicaremos por NC (Nenhuma citação), Citado superficialmente (CS) e Citação Detalhada (CD). Para a citação detalhada consideraremos os casos nos quais o autor traz conceitos, fórmulas ou exemplos, discorrendo no texto em alguns parágrafos ou páginas sobre aspectos gerais e particulares do tema discutido.

Para a classificação quantitativa usamos o número de páginas dedicados aos temas, desse modo se determinado conteúdo foi desenvolvido em 5 páginas com muitos detalhes, indicaremos por CD (5). Naturalmente entendemos que se o autor dedica um capítulo inteiro ou página para determinado tema, porém não apresente conceitos ou detalhes importantes à compreensão do mesmo, consideraremos como citação superficial, ou seja, CS.

4.2 Aulas de Astronomia e Física Nuclear no Ensino Fundamental

Logo após o pré-teste iniciamos as aulas de ciências (Física e Química) fazendo uma abordagem através da Astronomia, mais especificamente a Evolução Estelar. Como recursos usamos aulas expositivas, vídeos, seminários e jogos. As aulas foram divididas de acordo com os temas:

- O Universo Macroscópico e o Microscópico.
- Evolução Estelar
- Nucleossíntese e os Elementos da Tabela Periódica
- Radioatividade e Processos de Decaimento.

É interessante notar que com estes temas foi possível abordar conteúdos obrigatórios do 9º ano do ensino fundamental, tanto os orientados pelos PCN que compõe a atual grade curricular das escolas e estão presentes na maior parte dos livros, quanto os que estamos propondo. Vale ressaltar que os PCN sugerem um estudo aprofundado da Evolução Estelar, com discussões coletivas, exposições entre outras formas (BRASIL, 1998, p.94). Na primeira aula discutimos o universo macroscópico e o microscópico iniciado por dois vídeos sobre escalas, no qual propomos um debate a respeito da composição básica das estrelas, galáxias e também estruturas menores como moléculas e átomos. Aqui podemos estabelecer a primeira correlação entre o tema proposto com aqueles apresentados tradicionalmente. Entender como as estruturas são formadas nos permite discutir os modelos atômicos, composição da matéria e suas propriedades, representação, tabela periódica entre outros. Desse ponto em diante nos concentramos na questão: Como os elementos químicos são formados, quais reações ocorrem e porque ocorrem. E esta foi a chave para estudarmos a evolução estelar.

A disciplina tem carga horária de 3 aulas semanais, então dividimos o conteúdo em 6 aulas da seguinte maneira:

- Aula 1 e 2 - Nascimento das Estrelas: Cadeia PP, a sequência principal e Diagrama HR;
- Aula 3 - Evolução pós-sequência principal: A produção de elementos mais pesados;
- Aula 4 - A morte das estrelas: Anãs Brancas, Estrelas de Nêutrons e Buracos Negros;
- Aula 5 – Jogo Didático: “Star Evolution”;
- Aula 6 – Pós-Teste;

As aulas 1 e 2 ocorreram no mesmo dia, a aula 3 num único dia e novamente num único dia as aulas 4 e 5. O pós-teste foi aplicado duas semanas após a aula 5 devido a outras atividades como seminários e exercícios. É importante ressaltarmos que, a discussão dos temas propostos nos permite abordar conteúdos obrigatórios, tanto de maneira direta e transversal, como de maneira indireta em ciclos (unidades) subsequentes. Desse modo, questões envolvendo níveis de energia e ligações químicas, por exemplo, foram detalhadas posteriormente. Após as aulas fizemos um pós-teste para compararmos os resultados.

4.3 Grupo de estudos avançados em astronomia

No início de 2016 surgiu a ideia de criar no CEECR um grupo de estudos com alunos cursando o nível fundamental e médio. Para seleção deixamos um informativo no mural da escola para que aqueles que tivessem interesse fizessem sua inscrição. O número de inscrições efetivadas foi de 40 estudantes com alunos do 9 ano do ensino fundamental, 1º ano e 3 ano do ensino médio. A proposta era de um curso com duração de 1 mês e carga horária de 3h semanais realizada aos sábados, entretanto continuamos com o projeto durante todo o ano letivo, com início em 13 de Março de 2016.

De modo semelhante aos trabalhos apresentados no ensino regular de ciências, após o pré-teste, iniciamos as atividades do grupo que passamos a chamar de Grupo de Astronomia CEECR. As aulas primeiras aulas seguiram a sequência: O Sistema Solar, Evolução Estelar e Nucleossíntese e Usinas Nucleares. Os alunos tiveram como escolha se aprofundar em alguns temas seguindo uma orientação e o esquema mostrado na tabela 4.1. Desse modo alguns estudantes começaram um projeto de iniciação científica júnior.

Tabela 4.1 - Mostra os temas escolhidos por alunos do grupo de astronomia do CEECR e os conteúdos de cada opção.

1 – Sistema Solar	2 - Evolução Estelar	3- Usinas Nucleares
O Sol	Formação das estrelas	História
Planetas e satélites	Interações envolvidas	Física Aplicadas
Eclipses	Diagrama HR	Estrutura
Asteroides e cometas	Cadeia PP 1, PP2 e PP3	Radiação
“Estrelas cadentes”	Ciclo CNO	Vantagens e desvantagens
Gravitação Universal	Evolução pós-SP	Angra I, II e III
Leis de Kepler	Morte das estrelas	Acidentes Nucleares

Como parte fundamental do projeto de iniciação científica, os alunos apresentam relatórios sobre suas pesquisas e, frequentemente devem apresentar, seus trabalhos oralmente.

Seguindo nossa orientação um estudante apresentou os conceitos básicos sobre o átomo e as quatro interações fundamentais, prosseguindo a partir daí para uma análise do decaimento do urânio – 238. Ele fez inicialmente uma análise do processo passo a passo, explicando várias etapas e como neste processo a emissão Alfa e Beta diminuem a instabilidade.

Outro exemplo, foi uma apresentação de uma aluna do 9º ano do ensino fundamental, na qual, ela explica a nucleossíntese a partir do hidrogênio na chamada cadeia PP1. Em sua apresentação os assuntos: Composição química das estrelas, processos de decaimento, aniquilação de pares, representação dos átomos entre outros, foram abordados. O destaque foi cada etapa da cadeia PP1, onde a aluna demonstrou domínio sobre cada etapa da nucleossíntese do hélio. Além destas atividades tivemos muitas outras, mas nos limitaremos a estes dois exemplos para o grupo de astronomia. É importante também ressaltar que a base das pesquisas dos alunos está em entender conceitos e fenômenos associados aos processos físicos estudados. Relações matemáticas e discussões mais complexas não fizeram parte da nossa pauta, pois nosso objetivo é levar a Astronomia de um modo mais profundo aos estudantes do ensino regular, sem deixar o conteúdo deveras complicado

.

Capítulo 5

O JOGO DIDÁTICO

5.1 Jogos Didáticos

Desde a antiguidade percebemos que os jogos podem ser usados com fins educacionais. As crianças naturalmente aprendem costumes, profissões e comportamentos sociais replicando-os através de brincadeiras ou jogos.

A palavra lúdico tem origem no latim *ludus* e significa brincar (SANTANNA e NASCIMENTO, 2011). Em Roma, a palavra *ludus* era atribuída às escolas de ensino elementar e ao local de treinamento de gladiadores (KISHIMOTO, 1996). Estes lutavam muitas vezes até à morte nas arenas, em “jogos” culturalmente aceito pela população.

O papel educacional dos jogos ganhou destaque na pedagogia a partir dos estudos do alemão Friedrich Froebel (1782-1852). Ele considerava o lúdico essencial no processo de aprendizagem das crianças, pois os jogos e brincadeiras são excelentes mediadores no processo de aprendizagem e autoconhecimento (CUNHA, 2012).

As concepções pedagógicas modernas pressupõem o aluno como um indivíduo ativo no processo de ensino-aprendizagem. Nesse novo contexto, as atividades em sala de aula devem também propiciar um ensino participativo, no qual, aluno e professor possam construir o conhecimento juntos. Nesse sentido, os jogos aplicados na educação cumprem esse objetivo, pois estimulam o aluno através da participação direta no processo de ensino aprendizagem (ORLIK, 2002).

Outro aspecto importante da ludicidade está na integração dos recursos tecnológicos no ambiente escolar. Na era digital, muitos dispositivos como os smartphones, tablets e computadores fazem parte da vida cotidiana da população. Entretanto, a escola ainda mantém um sistema de ensino tradicional. Segundo o ORE (2014), “Usar estes instrumentos em contexto de aula significa, deste modo, antes de mais nada, potencializar os níveis de motivação dos alunos.”

A própria natureza dos jogos traz aos alunos um olhar diferente acerca das atividades propostas em sala de aula. O fator mais importante que podemos citar é a ludicidade, capaz de tornar o objetivo principal, que é o aprendizado, mais prático. Nesse contexto podemos ocultar nossos objetivos como professores e deixar, num primeiro momento, o

objetivo dos alunos em foco, pois para eles, conquistar pontos, vencer adversários, e se divertir são os pontos principais. Sobre a ludicidade Soares (2014) comenta:

“O lúdico pode ser utilizado como promotor da aprendizagem, nas práticas escolares, possibilitando a aproximação dos alunos com o conhecimento. Porém, devem ter sempre claros os objetivos que se pretende atingir com a atividade lúdica que vai ser utilizada, deve-se respeitar o nível de desenvolvimento em que o aluno se encontra e o tempo de duração da atividade.” (SOARES, 2014, p.87)

Entendendo essa necessidade, propomos também como metodologia a criação e aplicação de um jogo que envolve conceitos relacionados à evolução estelar e a Astronomia como um todo. O desenvolvimento de um jogo como produto educacional, nos proporciona mais ferramentas para que a transposição didática seja mais eficaz, sendo o próprio jogo um novo Saber a Ensinar. O tipo de jogo escolhido e suas principais características serão apresentadas no tópico a seguir.

5.2 Trading Card Games

Em nosso jogo didático estão presentes todos os elementos dos jogos com estilo muito conhecido pela sigla inglesa TCG que significa Trading Card Games, que pode ser traduzido como jogos de cartas trocáveis. A origem dos jogos de cartas é atribuída aos chineses (WILKINSON, 1985) e teria sido introduzida na Europa na idade média (LO, 2003). Com o passar do tempo os jogos sofreram inúmeras variações, indo desde o jogo clássico de cartas de baralho até os modernos jogos on line, como Hearthstone Heroes of Warcraft (HHW).

O nosso jogo é baseado em vários jogos com estilo semelhante aos jogos Magic 2015 - Duels of the Planeswalkers e HHW, que também tem como influência direta outros ainda mais antigos, como Magic: The Gathering de 1990. Nesses jogos podemos usar um tabuleiro, no qual as cartas serão dispostas obedecendo a regras específicas, como por exemplo: Turnos, pontos de habilidade, entre outras condições. Nas figura 5.1 e 5.2 apresentamos exemplo de tabuleiros e cartas de dois jogos deste estilo.



Figura 5.1 Um dos tabuleiros do jogo Hearthstone Heroes of Warcraft., no centro da figura estão dispostas as cartas que serão confrontadas de acordo com as regras do jogo. Fonte: BLIZZARD, 2017. Disponível em <http://us.battle.net/hearthstone/pt/media/#screenshots>.

O elemento comum a todos os TCG é que as batalhas ocorrem entre, no mínimo, dois jogadores que devem apresentar as cartas num tabuleiro (ou não) e assim comparar suas características ou atributos. Cada carta possui atributos comuns e algumas possuem aspectos especiais. Na figura 5.1 podemos notar que os dois jogadores colocaram algumas cartas sobre o tabuleiro, estas tem figuras que a representam, descrições acerca do personagem ou efeitos que este produz, além de pontos de ataque e defesa. Ainda na figura 5.1 aparece um indicativo de fim de turno, em verde, à direita e centralizado. Essa é outra característica comum a estes jogos, pois cada jogador tem um turno para tomar suas decisões.

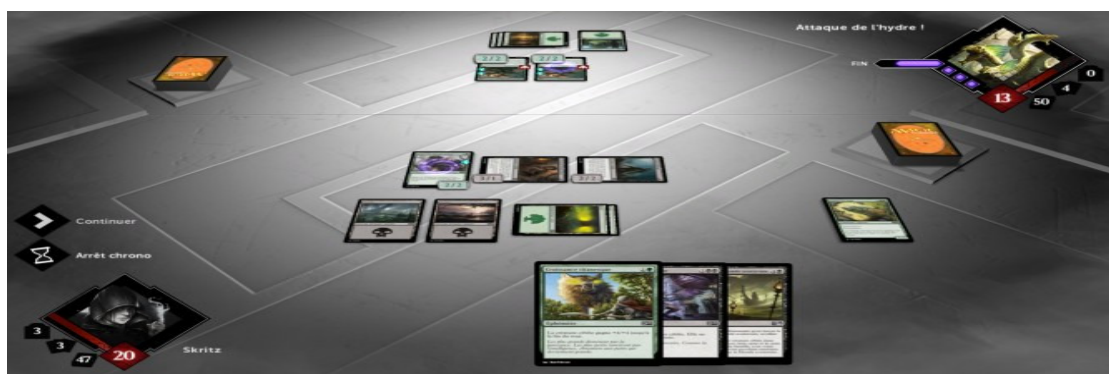


Figura 5.2 Um dos tabuleiros do jogo Magic 2015 - Duels of the Planeswalkers, no centro da figura estão as cartas usadas pelos jogadores que estão representados nos canto superior direito e inferior esquerdo representados por avatares. Fonte: <https://www.skritz.com/magic-2015-duels-of-the-planeswalkers-sortez-le-porte-monnaie/>

Na figura 5.2 podemos perceber dois jogadores indicados por avatares que, na linguagem da informática, são personagens escolhidos para representar o jogador. Os dois possuem nomes e alguns valores que indicam seus status dentro do jogo. Estes são os elementos mais comuns aos TCG.

5.3 Evolution Star

Como já dissemos o nosso jogo segue os aspectos gerais dos TCG. Entretanto, no lugar de elementos mágicos, temos como personagens principais alguns astros que compõe o universo físico. A escolha dos astros está correlacionada ao estudo da evolução estelar e temas transversais. Esta associação nos permite levar o conhecimento científico através de uma plataforma muito mais lúdica e interessante. No apêndice D temos uma imagem completa das cartas até então desenvolvidas.

5.3.1 As Cartas

Até o presente momento temos um total de 17 cartas distintas que representam alguns astros do universo, estágios evolutivos de estrelas, reações nucleares e importantes interações. As cartas podem ser de dois tipos: ordinárias ou especiais. A figuras 5.4 mostra três destas cartas.



Figura 5.3 Cartas do jogo Star Evolution. Da esquerda para direita são apresentadas uma estrela Anã Branca, uma Estrela de Nêutrons e um Buraco Negro. As cartas representam os estágios finais da vida das estrelas de acordo com a massa que estas possuem.

As ordinárias tem 2 atributos que serão comparados de acordo com a ação de cada dos jogadores. As cartas especiais tem como funções aumentar ou diminuir os pontos de atributos próprio ou do adversário, causar efeitos de campo, como aumentar pontos de vida ou de ação, além de criar diferentes combinações de ataque ou defesa. Ademais as cartas tem seus próprios pontos de vida, que por sua vez protegem diretamente os jogadores, e seus próprios pontos de ação.

5.3.2 Regras

As partidas poderão ser individuais, em duplas ou trios e ao iniciar uma partida cada jogador pode escolher 5 ou mais cartas de acordo com o que for previamente combinado. As cartas estarão embaralhadas, ou seja, a sorte determinará quais cartas serão escolhidas. Apesar do jogo possuir 17 cartas distintas, há cartas repetidas, de modo que as mais simples possuem até 4 cópias, enquanto que as mais raras são únicas. Caso o jogador perca ou elimine uma carta poderá escolher as outras que ficaram disponíveis, contudo o limite para isto são 10 cartas extras.

Iniciando a partida os jogadores poderão possuir no campo de batalha até 3 cartas e estas poderão ser usadas viradas para cima ou para baixo, o que por um tempo impede que o adversário a veja. Ao escolher a carta, o jogador poderá colocá-la disposta na vertical ou horizontal. Cartas horizontais usam a defesa como atributo principal enquanto que as verticais usam o ataque.

Quando alguém decide atacar, a carta usada para este fim deverá ficar na vertical e o jogador deve escolher qual carta adversária irá atacar. Neste momento qualquer carta oculta será revelada e os atributos deverão ser comparados. Aquela que possuir o maior atributo vence, o que elimina a carta adversária.

As cartas especiais podem ser sobrepostas em outras, de modo que o jogador pode ou não deixar a carta virada para cima ou para baixo. Caso esteja virada para cima ela ativa imediatamente suas funções, caso esteja virada para baixo, só será ativada se atacada ou se o jogador usar uma ação para mudar sua orientação. Após usar uma ação o jogador fica impossibilitado de agir, exceto por ações automáticas ou de defesa de suas cartas, sendo assim, a próxima ação será do seu adversário. A partida acaba quando o(s) jogador(es) usarem todas as cartas a sua disposição.

É interessante ressaltar que, ao jogar, os participantes leem as descrições das cartas, o que possibilita uma discussão acerca das características e atributos individuais de cada uma delas. Além disso, na maioria das vezes, os alunos procuram informações adicionais por conta própria, tornando o nosso objetivo, que é ensinar os conteúdos, mais fácil devido a ludicidade e curiosidade que o jogo introduz.

Capítulo 6

RESULTADOS**6.1 Livros Didáticos**

Com a análise dos livros foi possível traçar um panorama de como o Saber Sábio tem sido transposto para o Saber a Ensinar. Evidentemente nosso objetivo está relacionado a observação apenas dos conteúdos específicos de astronomia e física nuclear, na qual podemos resumir usando as palavras-chave: Estrelas, Evolução Estelar, Nucleossíntese, Fusão Nuclear, decaimentos radioativos entre outras. Em todos os livros fizemos uma busca manual página por página. Os livros analisados são: BEMFEITO & PINTO (2015), TRIVELLATO et Al (2015), GEWANDSZNAJDER (2015). NERY & KILNER (2015), que serão identificados, respectivamente pelos números de 1 a 4.

Para um melhor entendimento, numeramos a quantidade de vezes que os conteúdos aparecem para cada livro, bem como o grau de aprofundamento dos mesmos. Para fins didáticos, mostraremos com mais detalhes como a análise foi feita para o primeiro livro e, em seguida, os resultados finais com todos os dados observados.

Como resultado desta análise temos seis citações de conteúdos de astronomia, uma citação direcionada a evolução estelar, porém muito superficial e dois temas correlacionados, com destaque para o decaimento do carbono 14, porém, novamente, sem muito detalhamento. Abaixo temos a equação citada pelo livro:



Notamos também a falta de explicações sobre o decaimento beta menos, equação (1.10). Em todos os casos os conteúdos são apresentados em textos à parte do conteúdo “obrigatório”, indicados pela título “Indo Além”. Desse modo, interpretamos que estas citações são apresentadas como curiosidades que o professor pode ou não levar a sala de aula.

Tabela 6.1 – Mostra uma análise do livro Projeto Apótema Ciências, do 9º ano do ensino fundamental, indicando de que modo os conteúdos associados à astronomia estão distribuídos, e uma breve descrição sobre como o conteúdo aparece.

Análise do livro: Projeto Apótema Ciências 9 (BEMFEITO & PINTO, 2015).	
Páginas	Conteúdo
Página 11: Um parágrafo falando da galáxia do sombrero, sua localização e dimensão.	Galáxias
Página 16: Cita as usinas Angra I, II e III sem detalhar os processos físicos envolvidos.	Usinas Nucleares
Página 29: Usa o universo macroscópicos e microscópico para demonstrar notação científica e ordem de grandeza.	Universo
Página 78: Imagem do Sistema Solar	Sistema Solar
Página 83: Descreve em linhas gerais nosso lugar no Universo. (Menos de meia página).	Universo
Página 83 e 84: Fala do Big Bang, formação dos primeiros átomos, estrelas e galáxias.	Big Bang e Nucleossíntese
Página 161 e 162: Descreve as fases da Lua e os eclipses.	Eclipses
Página 180 e 181: Texto sobre a distância das estrelas e telescópio Hubble.	Telescópios
Página 228-231: Cita brevemente a história da radioatividade, erroneamente diz apenas que a partícula beta tem carga negativa.	Radioatividade
Páginas 212-274: Três capítulos dedicados ao tema estrutura da matéria com várias citações.	Estrutura da Matéria

Por fim, ressaltamos que a análise considerou apenas citações em textos por página, sendo assim apenas uma palavra ou menos de três linhas em exercícios ou exemplos foram desconsideradas como citação.

Usando a notação descrita na seção 4.1 construímos a tabela 6.2, a qual resume nossas observações acerca de como o Saber Sábio de Astronomia tem sido transposto para Saber a Ensinar.

Tabela 6.2 - Análise feita em 4 livros do 9º do ensino fundamental, na qual é indicada os conteúdos, nível de detalhamento e quantidade de páginas. A graduação de detalhamento vai de Nenhuma (N), Citado Superficialmente (CS) e Citação Detalhada (CD).

Conteúdo	Livros			
	1	2	3	4
Big Bang	CS (2)	N	N	CS (1)
Eclipses	CS (2)	CS (1)	CS (1)	CS (1)
Estrutura da Matéria	CD(62)	CD (22)	CD (C37)	CD (47)
Evolução Estelar	N	N*	N	N
Galáxias	CS (2)	N	N	CS(2)
História da astronomia	N	N	CS (2)	CD (6)
Nucleossíntese	CS (1)	CS (1)	N	N
Radioatividade	CS (3)	CD (4)	CS (2)	CS (1)
Sistema Solar	CS (1)	CS (1)	CS (1)	CS (1)
Telescópios	CS (1)	N*	CS (3)	CS (4)
Universo	CS (1)	N	N	CS (2)
Usinas Nucleares	CS (1)	N	N	N

* Apenas uma imagem ou menos de 3 linhas.

De maneira geral, vemos que os conteúdos associados a estrutura da matéria estão muito presentes em todos os livros e, em contrapartida, nenhuma citação de evolução estelar. Curiosamente este é, dentre os temas de astronomia, o mais citado pelos estudantes como que gostariam de estudar mais. Em seguida, temos usinas nucleares e radioatividade.

Outro aspecto interessante é que nem uma imagem, nem texto, por exemplo, sobre buracos negros ou supernova aparece, sendo que estas são muito exploradas nos jogos e filmes de ficção científica. Comparando os resultados, sem levar em consideração o tema estrutura da matéria, vemos como é ínfima a presença dos temas transversais a Astronomia, observe o gráfico 6.1.

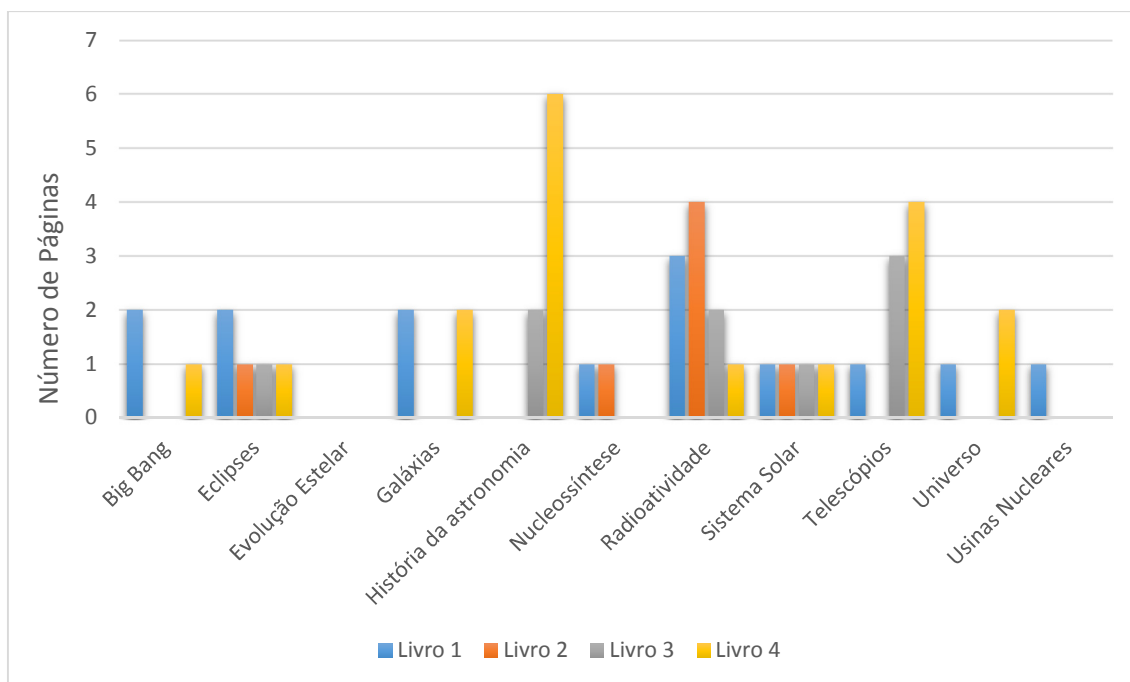


Gráfico 6.1. Mostra o número de páginas destinadas por cada livro a assuntos transversais a Astronomia. Conceitos de Radioatividade tem a maior concentração de resultados enquanto que Evolução Estelar não aparece em nenhum dos livros analisados. Todos os livros são de ciências para o 9º ano do ensino fundamental.

Fica evidente no resultado do gráfico 6.1 que evolução estelar não faz parte do Saber a Ensinar, no 9º ano do nível fundamental II.

Ao compararmos a distribuição média, levando em consideração os principais conteúdos presentes nos livros, vemos que a proporção para astronomia é muito baixa. Para isso separamos os temas: Estrutura da matéria e ligações químicas, transformações e reações químicas, movimento, força e energia, ondas, termologia, eletromagnetismo, ótica e astronomia. Veja essa distribuição no gráfico 6.2.

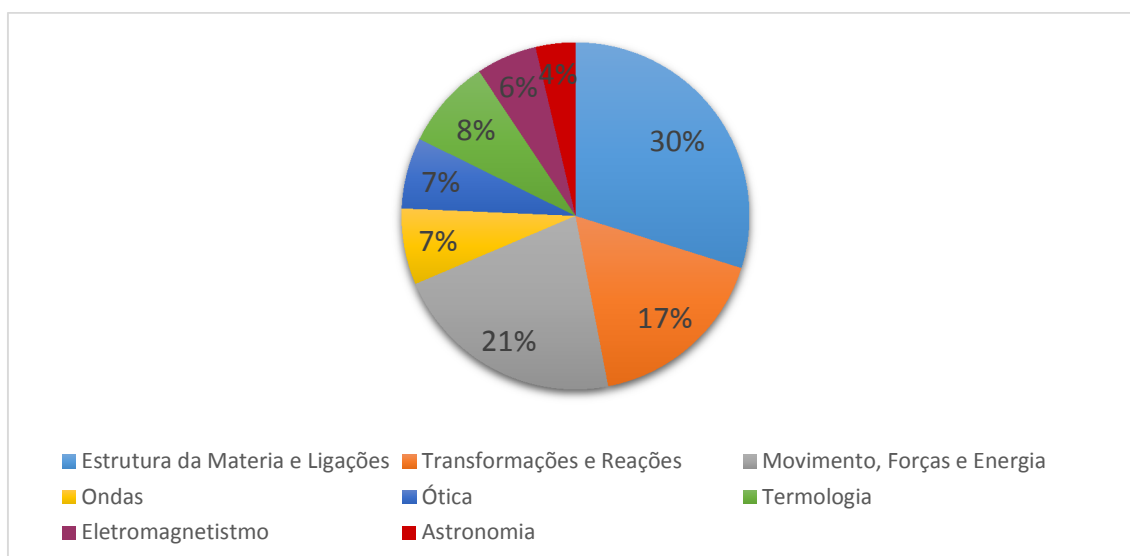


Gráfico 6.2. Mostra como é a distribuição de conteúdos em livros de ciências para o 9º ano do ensino fundamental. A divisão entre física e química é muito semelhante porém muitos conteúdos importantes aparecem muito pouco. Ao tema Astronomia é destinado apenas 4% do conteúdo.

Com uma média de 296 páginas de conteúdo, em apenas um dos livros é destinado um capítulo ao tema Astronomia. Se este for somado às inclusões feitas em textos dos outros livros, temos um total de 4% em média. Vale mais uma vez ressaltar que o nosso foco de estudo, que é a Evolução Estelar, não aparece nenhuma vez.

Portanto, entendemos que o conhecimento dos alunos sobre Astronomia ficará aquém do ideal, das recomendações orientadas nos PCN, e orientações dos profissionais de educação científica, caso os estudantes dependam apenas do Saber a Ensinar apresentado nos livros atuais. Os resultados desta seção 6.1, coincidentemente ou não, parecem projeções da nossa próxima seção.

6.2 Pré-Testes

Com o objetivo de avaliar os conhecimentos prévios elaboramos pré-testes com questões de Astronomia e Física Nuclear, como pode ser visto nos apêndices A e C. Os pré-testes são diferentes pois o público alvo também foi diferente. O apêndice C foi aplicado a um grupo de estudantes muito interessados em ciências, estes são participantes do grupo de iniciação científica na escola CEECR. O pré-teste encontrado no apêndice A foi aplicado a alunos do curso regular de ciências do 9º ano do ensino fundamental.

Antes da realização da prova, informamos aos estudantes qual era o objetivo do pré-teste, e os orientamos para que respondessem de acordo com seu real conhecimento. Além da explicação verbal na própria prova informamos: “Caso conheça ou já tenha ouvido falar responda verdadeiro (V) ou Falso (F), caso desconheça o conteúdo ou não saiba poderá deixar em branco ou marcar um X.

6.2.1 Grupo de Iniciação científica

Como primeira atividade criamos um grupo de astronomia no Colégio Estadual Ernesto Carneiro Ribeiro, no qual os alunos interessados se inscreveram por vontade própria. Do total de 40 inscritos 28 desistiram por diversos motivos como por exemplo: saída da escola, impossibilidade de assistir aulas aos sábados, entre outros.

A turma formada foi composta por estudantes do 9º ano do ensino fundamental, 1º e 3º anos do ensino médio. Antes das aulas foi realizado um pré-teste para análise dos conhecimentos prévios e posterior comparação após as aulas e atividades. No apêndice C está o teste que fora realizado. O resultado do pré-teste pode ser visto na tabela 6.3.

Tabela 6.3– Indica numeração, séries e resultados do pré-teste aplicado ao grupo de Astronomia do CEECR. Os alunos responderam a questões de astronomia e temas transversais, tendo como escolha responder a questão ou deixar em branco.

Aluno	Série	Acertos	Erros	Branco
1	9	15	10	12
2	3 ano	8	12	17
3	3 ano	6	12	19
4	3 ano	2	9	26
5	1 ano	3	3	31
6	3 ano	6	1	30
7	8	6	6	25
8	1	2	0	35
9	9	11	22	4
10	3 ano	5	8	24
11	9	8	4	25
12	1 ano	13	18	6

Apresentando os resultados da tabela 6.3 no gráfico 6.3, temos uma maior clareza da distribuição de acertos, erros e questões deixadas em branco.

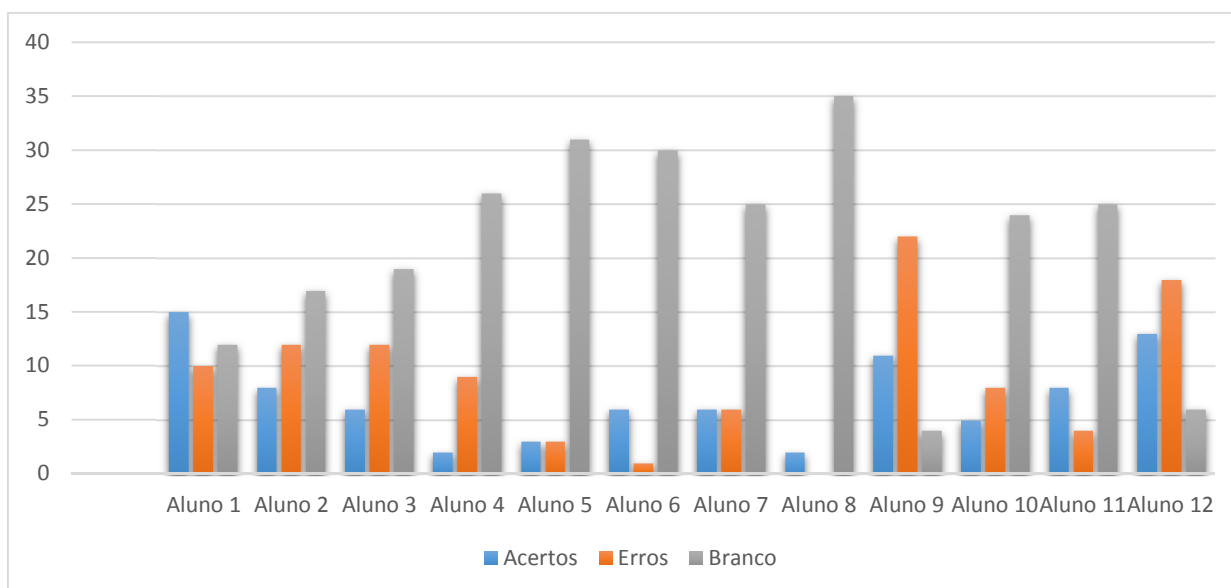


Gráfico 6.3. Mostra o resultado do pré-teste aplicado à alunos do curso de astronomia realizado na escola pública CEECR. Na prova os estudantes foram orientados a não “chutar” podendo livremente marcar um x ou deixar em branco as questões que desconheciam. A numeração do aluno corresponde a ordem de recebimento da prova e não a ordem alfabética.

Do gráfico 6.3 é possível inferir que, mesmo com interesse prévio por ciências, muitos alunos desconheciam conceitos simples e gerais de astronomia e conceitos básicos de química e física, a saber, 58% das questões foram deixadas em branco ou marcadas como opção não sei e 23 % tinham conhecimentos errôneos, como pode ser observado no gráfico 6.4.

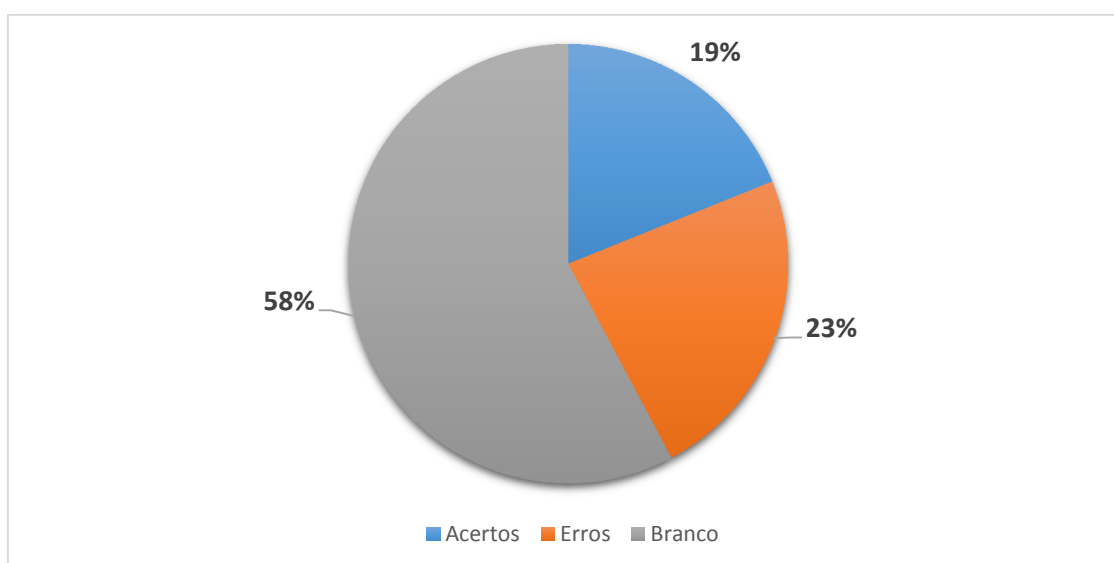


Gráfico 6.4. Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado por estudantes do grupo de astronomia CEECR. Os resultados indicam os valores médios dentre um total de 12 estudantes.

É interessante notar que apenas quatro estudantes acertaram mais do que erraram e que, dentre eles sete indicaram não ter conhecimento prévios sobre as questões. Os valores médios do gráfico 6.2 nos revelam que as questões que os alunos acreditavam conhecer, ou seja, questões certas e questões erradas, foram inferiores ao desconhecimento, respectivamente, 42% e 58%. Desse modo podemos concluir que o ensino e divulgação de ciências ainda está aquém do esperado.

Analisando as respostas vimos quais temas são mais conhecidos (corretamente ou incorretamente), e aqueles que são menos discutidos. Abaixo indicamos por ordem crescente quais os conteúdos apresentaram maior número de acertos:

- Evolução Estelar;
- Radioatividade;
- Estrutura da Matéria;
- Sistema Solar;

Como exemplo, temos as questões com o menor e o maior número de acertos, respectivamente:

- 1- É possível ligar dois prótons mesmo eles tendo cargas iguais.
- 2- Uma estrela cadente é um evento lindo que mostra as estrelas se movimentando rapidamente.

6.2.2 Alunos do Fundamental II CEERC

Com a finalidade de estudar como este trabalho pode ajudar no ensino regular de ciências para turmas do 9º ano do ensino fundamental, decidimos aplicar um método análogo ao mostrado no tópico 6.2.1, entretanto foram necessários alguns ajustes devido às particularidades da nova situação. Em comparação com o grupo de iniciação científica, as turmas normais não apresentam tantos alunos com interesse prévio em Física e Química, seja por nunca terem estudado essas matérias ou por gosto pessoal. Essas turmas têm conteúdos programáticos que variam muito devido as orientações dos PCN (Brasil, 1998, p. 138), o que leva muitos livros a fazerem abordagens bem distintas.

Neste ano seguimos a linha metodológica da seção 4.2, aplicando inicialmente um pré-teste um mês após o início das aulas, pois inicialmente trabalhamos com temas não correlacionados com o conteúdo e procuramos conhecer melhor as turmas. Trabalhamos com três turmas no turno matutino que serão identificadas por Turma: A, B e C. Em média cada turma tem 30 alunos e, dentre estes, temos em média 3 alunos repetentes por turma. Para um melhor entendimento dos resultados obtidos faremos uma análise de dados usando uma distribuição de frequências através das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco” (resposta em branco ou sem resposta). Isto é importante pois, dada nossa População Estatística, que são os alunos do 9º ano do ensino fundamental, teríamos uma grande quantidade de dados, diferentemente do grupo de iniciação científica. Assim, o método a ser adotado é:

- Trabalhar com amostras desta população;
- Separar as variáveis estatísticas quantitativas em classes;
- Transformar resultados numéricos em gráficos;

Isto facilita a compreensão das informações e permite expandir os resultados à nossa População (CORREA, 2003). Dito isso escreveremos os resultados das 3 turmas, que são nossa amostra, usando as siglas:

f_i é a frequência absoluta.

$f_r(\%)$ é a frequência relativa em porcentagem.

F_i é a frequência absoluta acumulada.

$F_R(\%)$ é a frequência relativa acumulada.

Turma A

O pré-teste foi realizado no dia 28/03/2017, com um número de alunos participantes de 27 alunos, pois estes estavam presentes no dia da avaliação. O teste foi comunicado aos alunos uma semana antes de sua realização, na qual explicamos os objetivos da sua aplicação, porém não divulgamos quais seriam os conteúdos do mesmo. Na tabela 6.4 temos os resultados do teste.

Tabela 6.4 – Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pré-teste aplicados a alunos da turma A do 9º ano do ensino fundamental do CEECR

Pontuação	f_i	$f_r(\%)$	F_i	$F_R(\%)$
Acertos	204	37,78	204	37,78
Erros	213	39,44	417	77,22
Branco	123	22,78	540	100

Como o pré-teste tem um total de 20 questões o número total de questões mostrados na tabela é 540. A fim de entendermos melhor como se dá a distribuição de frequências construímos o gráfico de setores 6.5.

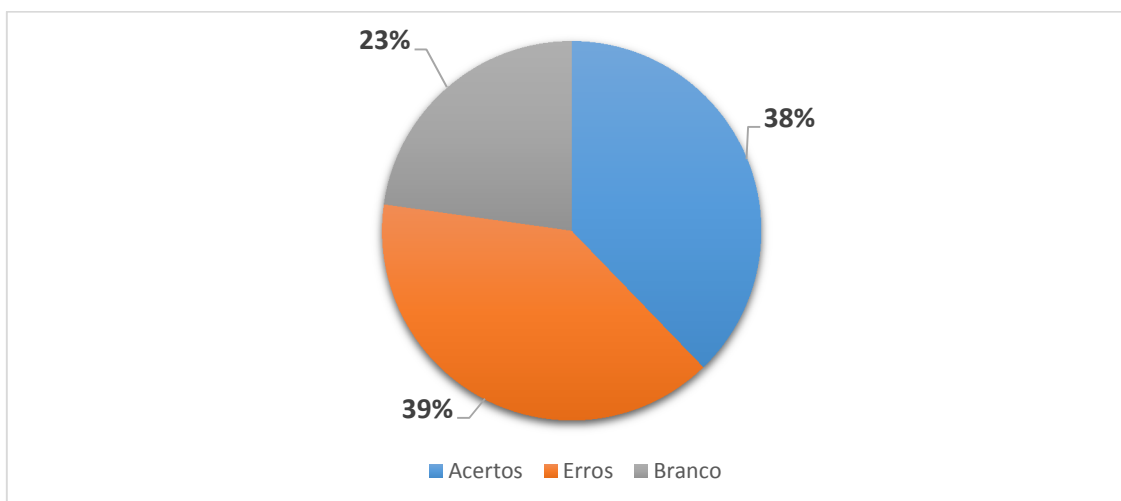


Gráfico 6.5. Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma A do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco”.

No gráfico observamos uma proximidade entre o número de acertos e erros o que nos sugere a igual probabilidade entre questões com opções verdadeiro ou falso. Outro dado curioso é que apenas nesta turma houve um número acentuado de pessoas que acreditavam conhecer as questões apresentadas.

Turma B

O pré-teste foi realizado no dia 29/04/2017, com um número de alunos participantes de 25 alunos, pois estes estavam presentes no dia da avaliação. O teste foi comunicado aos alunos uma semana antes de sua realização, na qual explicamos os objetivos da sua

aplicação, porém não divulgamos quais seriam os conteúdos do mesmo. Na tabela 6.5 temos os resultados do teste.

Tabela 6.5 – Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pré-teste aplicados a alunos da turma B do 9º ano do ensino fundamental do CEECR.

Pontuação	f_i	$f_r(\%)$	F_i	$F_R(\%)$
Acertos	140	28,00	140	28,00
Erros	115	23,00	255	51,00
BRANCO	245	49,00	500	100,00

Como o pré-teste tem um total de 20 questões o número total de questões mostrados na tabela é 500. A fim de entendermos melhor como se dá a distribuição de frequências construímos o gráfico de setores 6.6.

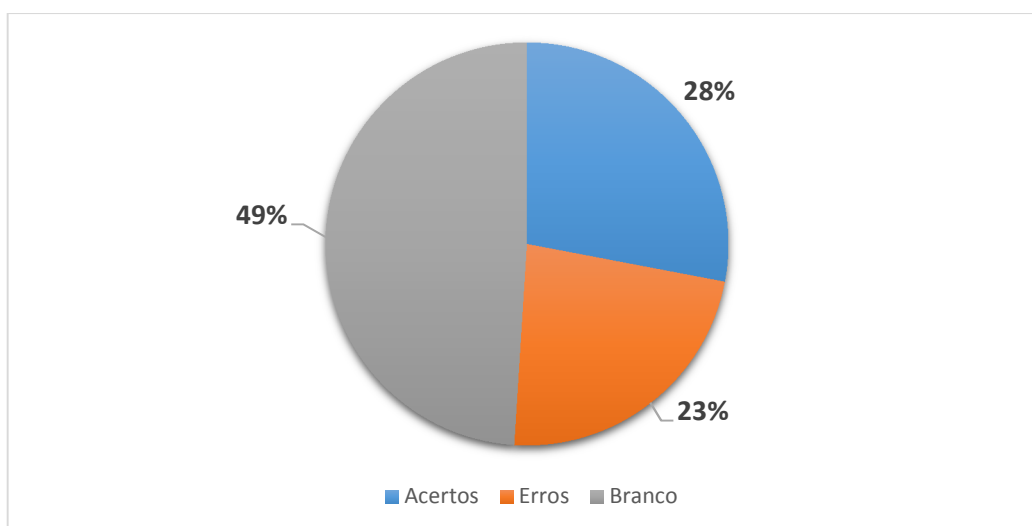


Gráfico 6.6. Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma B do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco. É interessante notar que nesse teste quase metade dos estudantes revelaram não conhecer os conteúdos.

No gráfico 6.6, observamos como principal resultado o indicativo de que quase metade das questões era desconhecida pelos alunos. Além disso, a diferença entre o número de acertos e erros possui uma diferença de 5%.

Turma C

O pré-teste foi realizado no dia 29/04/2017, com um número de alunos participantes de 30 alunos, pois estes estavam presentes no dia da avaliação. O teste foi comunicado aos alunos uma semana antes de sua realização, na qual explicamos os objetivos da sua aplicação, porém não divulgamos quais seriam os conteúdos da mesma. Na tabela 6.5 temos os resultados do teste.

Tabela 6.6 – Apresenta o resultado do pré-teste aplicado a alunos da turma C do 9º ano do ensino fundamental através distribuição de frequências com as classes “Acerto”, “Erro” e “Branco”.

Pontuação	f_i	$f_r(\%)$	F_i	$F_R(\%)$
Acertos	155	25,83	155	25,83
Erros	180	30,00	335	55,83
BRANCO	265	44,17	600	100,00

Como o pré-teste tem um total de 20 questões o número total de questões mostrados na tabela é 600. Aqui também construímos um gráfico de setores, no qual fizemos arredondamento apenas para facilitar a compreensão dos resultados.

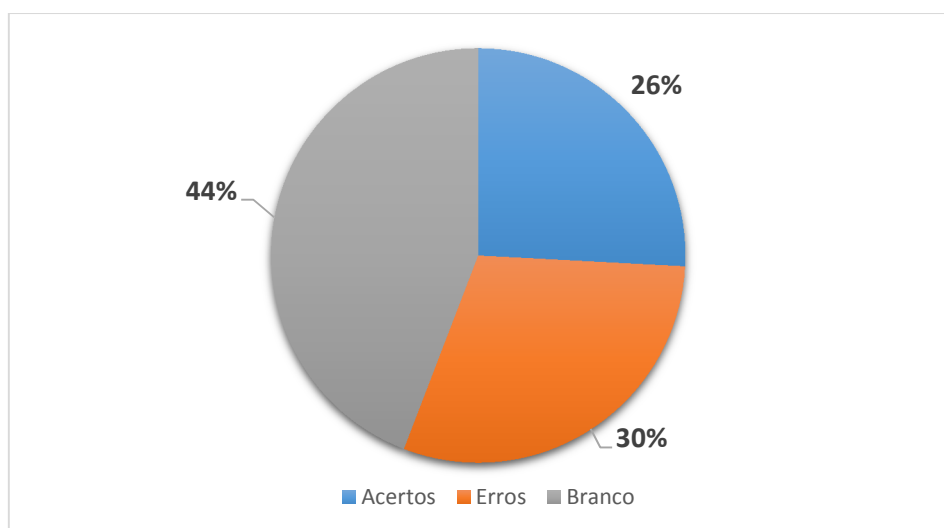


Gráfico 6.7. Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pré-teste realizado para estudantes da turma C do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco”. Nesta turma o número de erros superou o de acertos.

Nesta turma temos como pontos principais observados a mesma grande proporção, 44%, de resultados indicados como desconhecidos, porém é a única turma na qual os erros superaram os acertos.

Resultado Médio das turmas

É interessante notar que cada turma apresentou resultados distintos. Na primeira mais estudantes acreditaram conhecer os temas ou tentaram inferir as respostas de modo lógico, enquanto que nas outras este resultado é diferente. Com estas 3 turmas temos uma amostra com um número suficientemente grande dados para entender o comportamento geral de turmas desta mesma série. Evidentemente o número de variáveis para uma população tão diversa é muito grande, entretanto acreditamos que a amostra nos revelará um possível comportamento padrão, expandindo assim os resultados.

Com um número total de alunos participantes igual a 82 alunos fizemos a tabela 6.6, seguindo o mesmo método estatístico de análise de dados através de distribuição de frequências em classes.

Tabela 6.7 – Apresenta o resultado total do pré-teste para as três turmas avaliadas. Em média as frequências se aproximaram indicando assim um referência para a amostra pesquisada.

Pontuação	f_i	$f_r(\%)$	F_i	$F_R(\%)$
Acertos	499	30,43	499	30,43
Erros	508	30,97	1007	61,40
BRANCO	633	38,60	1640	100,00

Como uma frequência acumulada de resultados igual a 1640, temos uma distribuição mais proporcional dos resultados. A diferença entre a quantidade de acertos e erros se atenuou consideravelmente após usarmos os valores das 3 turmas. Com aproximadamente 30% da frequência das duas classes vemos assim a confirmação de um dos resultados já esperados: 50% de chances de acertar ou errar as questões respondidas, para um conteúdo ainda não estudado. Semelhantemente aos casos anteriores construímos o gráfico de setores na figura 6.8 evidenciando os resultados discutidos.

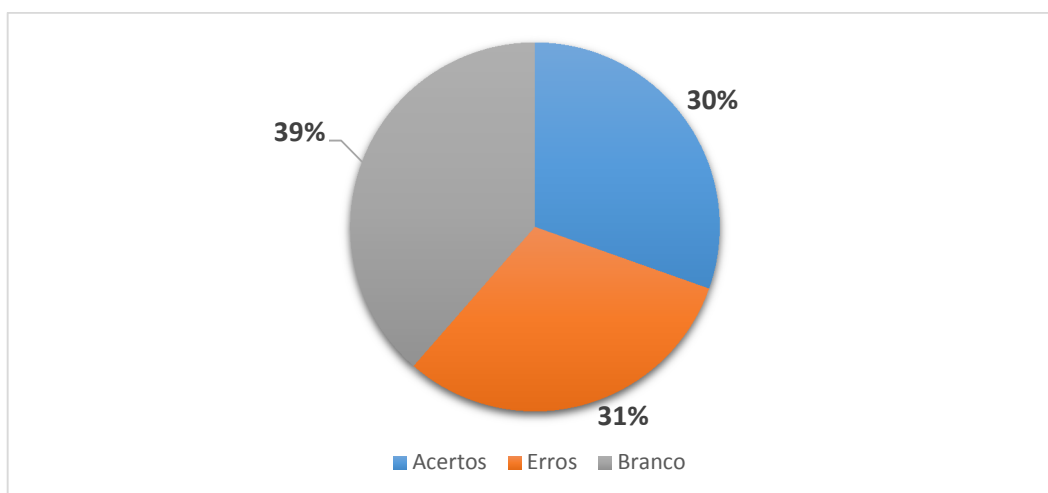


Gráfico 6.8. Mostra a proporção média dos acertos, erros e questões deixadas em branco para as 3 turmas avaliadas.

Ainda sobre os resultados temos alguns observações específicas:

- Apenas 23,52 % dos alunos acertaram a questão sobre a localização do Sol na galáxia.
- A questão envolvendo buracos negros e estrelas cadentes foram as mais solicitadas para explicação após o teste.
- Em média as questões erradas e certas tiveram a mesma proporção, assim como o gráfico 6.8 mostra.

Apesar do valor de acertos e erros estarem bem próximos, quando avaliamos os erros e as questões em branco neste resultado temos 70% de negativo, ou seja, a cada 10 questões apenas 3 eram respondidas corretamente.

Mesmo sabendo que os alunos ainda não tiveram tempo para estudar todos os assuntos do livro, podemos presumir que os resultados apresentados no gráfico 6.1 são indicativos diretos ou, no mínimo, correlacionados aos resultados deste pré-teste. Como por exemplo, temos a localização do Sol na galáxia com 23,52% de acertos e apenas dois livros com conteúdo muito superficial sobre esse tema. Além disso ressaltamos fortemente a ausência de evolução estelar com a pergunta mais feita durante o pré-teste: O Sol é uma estrela? E o que é então uma estrela?

Mais uma vez essa comparação nos mostra que, se considerarmos apenas os livros didáticos como fonte de informação sobre o tema, os alunos continuaram com desconhecimento sobre: Big Bang, Decaimento Radioativo, Evolução Estelar, Galáxias, Nucleossíntese e Usinas Nucleares.

6.3 Pós Testes

6.3.1 Grupo de Iniciação científica

Com um intervalo de 5 meses entre o pré-teste aplicado em 12/03/2016 e o pós-teste aplicado em 06/08/2016, os alunos apresentaram os resultados mostrados na tabela 3. Este grande intervalo de tempo foi proposital para verificar se de fato os estudantes aprenderam os conteúdos estudados. É importante ressaltar que tanto o pré-teste quanto o pós-teste foram realizados sem aviso prévio, ou seja, os alunos não estudaram como na maior parte das vezes fazem para provas do dia a dia. Deste modo, podemos concluir que os resultados são indicadores confiáveis do possível progresso no desenvolvimento e aprendizado.

Tabela 6.8 - Indica a numeração, séries e resultados do pós-teste aplicado ao grupo de Astronomia do CEECR. Os alunos responderam a questões de astronomia e temas transversais, tendo como escolha responder a questão ou deixar em branco.

Aluno	Série	Acertos	Erros	Branco
1	9º ano	29	3	10
2	3º ano	24	7	11
3	1º ano	30	10	2
4	3º ano	30	5	7
5	1º ano	-	-	-
6	3º ano	13	18	11
7	9º ano	27	8	7
8	1º ano	34	8	0
9	1º ano	13	13	16

Comparando a tabela 6.7 com a tabela 6.3 vemos que o número de alunos diminuiu de 12 para 10 por desistência dos próprio estudante e porque um aluno faltou no dia da prova.

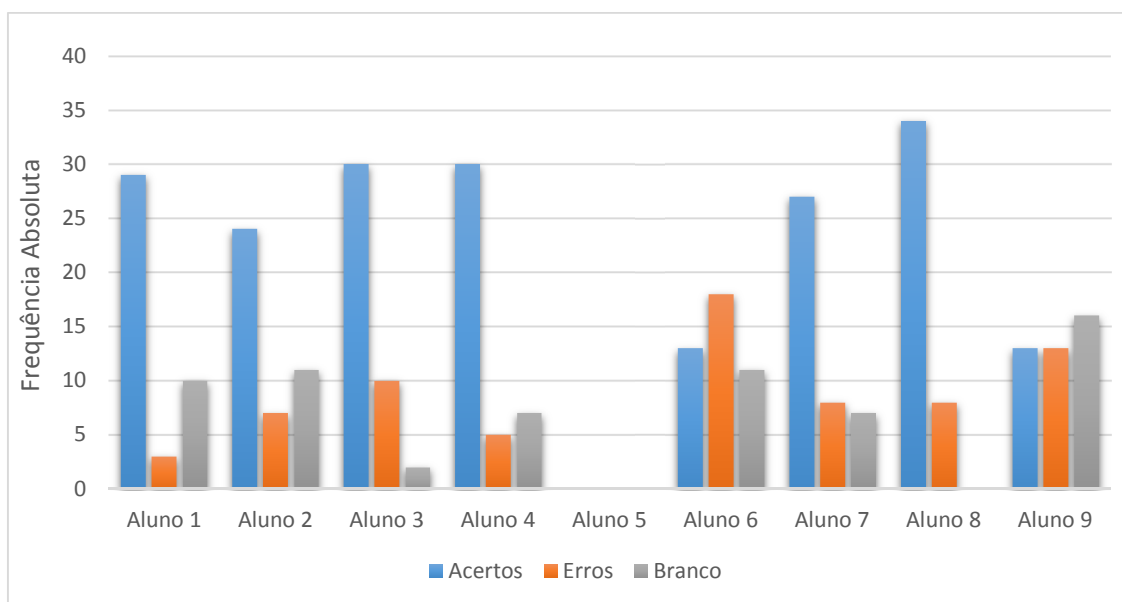


Gráfico 6.9 Mostra o resultado do pós-teste aplicado à alunos do curso de astronomia CEECR. O índice de acertos está bem mais alto que o de erros ou brancos. Em apenas um caso os erros superaram os acertos. A numeração do aluno corresponde a ordem de recebimento da prova e não a ordem alfabética.

Vemos apenas um resultado no qual os erros e acertos foram iguais, e apenas um valor negativo, ou seja, mais erros que acertos. Comparando o gráfico 6.7 com o gráfico 6.3 podemos notar algumas particularidades, como as notas obtidas pelo aluno 8, que aumentou consideravelmente os acertos e diminuiu os erros em 55%. Outro exemplo positivo é a nota do aluno 1 que aumentou os acertos para 69% (15 acertos no pré-teste e 29 acertos no pós teste) e diminuiu os erros para um valor atual igual a 7%.

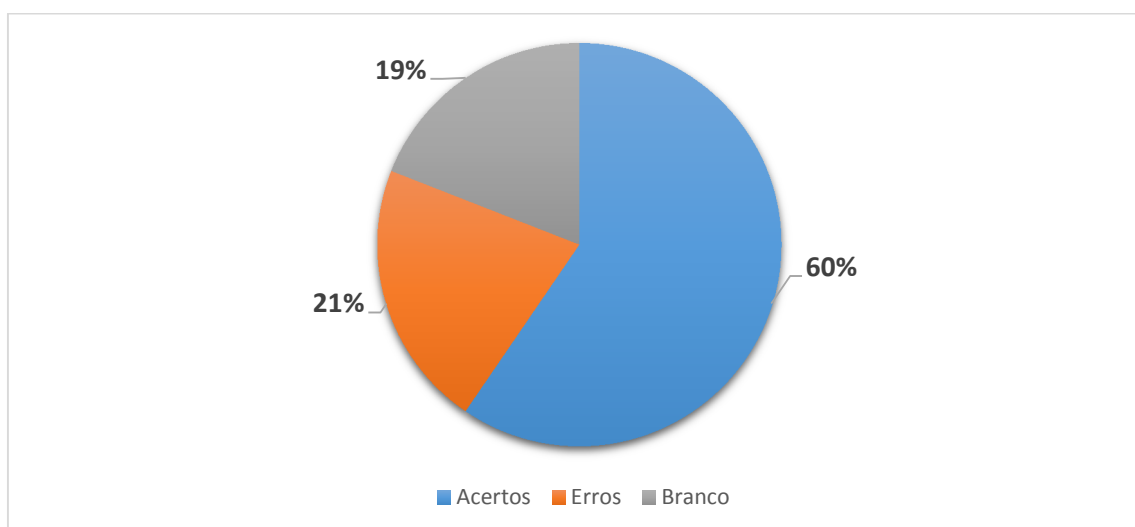


Gráfico 6.10 Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco em pós-teste realizado por estudantes do grupo de astronomia CEECR. O resultados indicam os valores médios dentre um total de 8 estudantes.

O gráfico 6.10 mostra a proporção global média, em valores percentuais, dos acertos, erros e questões em branco. Desse modo podemos entender mais facilmente os dados obtidos no pós-teste. Comparando resultados de pré e pós-teste temos um aumento médio nos acertos de 19% para 60%, o que permite concluir que a intervenção e continuidade do projeto tem sido um fator preponderante no crescimento e evolução dos alunos.

É importante evidenciar que alguns conceitos e questões não fazem parte da grade curricular das escolas o que impossibilita o aluno de ter aprendido essas informações de aulas e livros regulares. Questões como:

- Qual Interação mantém o núcleo unido? Estrelas de alta luminosidade e baixa temperatura superficial são de que cor? A cadeia PP pode formar Lítio e Carbono?

São exemplos de conteúdos que podem ser apresentados a alunos do ensino fundamental ao ensino médio. Estas questões podem ser vistas nos apêndices A e B.

Além dos resultados discutidos, também queremos ressaltar que alguns estudantes ainda continuam com seus projetos, exceto aqueles que já concluíram o ensino médio. Outro destaque são os estudantes que participaram do FECIBA (Feira de Empreendedorismo, Ciência e Inovação da Bahia), em 2017, na categoria Energia e Sustentabilidade, com o projeto sob nossa orientação: “*A matriz energética no Estado da Bahia: análise do potencial nuclear x potencial hidrelétrico*”. Os alunos foram financiados pela CNPq com uma bolsa de iniciação científica júnior.

Outro evento importante foi a participação no Ciência Jovem, Feira Internacional de Ciências com trabalhos de todos os estados do Brasil, além de México, Paraguai, Chile e Colômbia ocorrido nos dias 9, 10 e 11 de novembro em Recife- PE.

6.3.2 Alunos do Fundamental II CEERC

Turma A

O pós-teste foi realizado no dia 10/07/2017, com um número de alunos participantes de 29 alunos. A data do teste não foi comunicado aos alunos antes de sua realização, e no momento da aplicação explicamos novamente os seus objetivos. Na tabela 6.8 temos os resultados do teste.

Tabela 6.9 – Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pós-teste aplicados a alunos da turma A do 9º ano do ensino fundamental do CEECR

Pontuação	f_i	$f_r(\%)$	F_i	$F_R(\%)$
Acertos	493	53,12	502	53,12
Erros	427	46,01	920	99,13
Branco	8	0,87	928	100

Como o pós-teste tem um total de 32 questões, o número total de questões mostrados na tabela é 928. A fim de entendermos melhor como se dá a distribuição de frequências construímos o gráfico de setores 6.5.

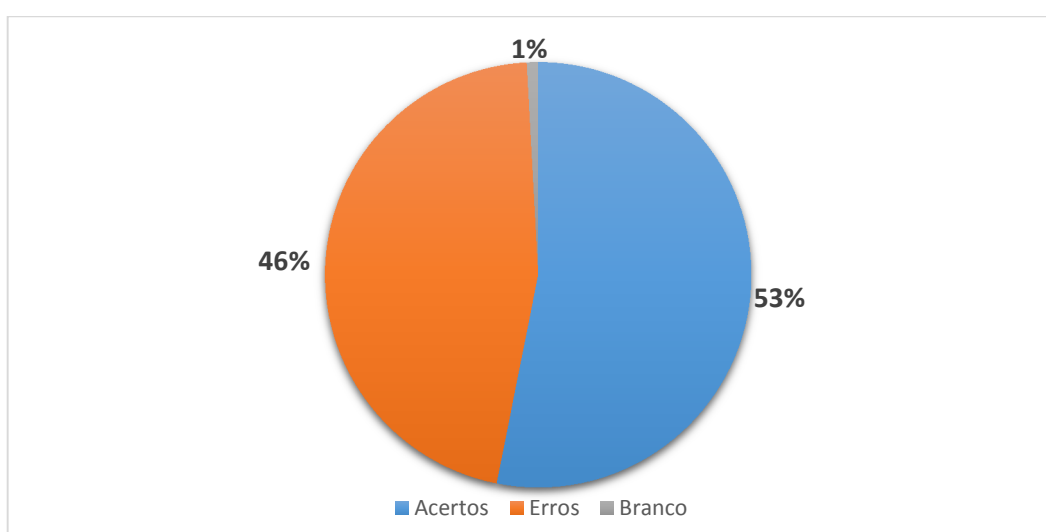


Gráfico 6.11. Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pós-teste realizado para estudantes da turma A do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco”.

No gráfico 6.11 observamos uma diferença de 7 % entre o número de acerto e erros, um aumento de cerca de 9 pontos percentuais se comparado a diferença no pré-teste, o qual correspondia a 2% maior para os erros. É interessante notar que, houve um registro muito menor de questões deixar em branco, cerca de 1% de indicação de desconhecimento das questões.

Turma B

O pós-teste foi realizado no dia 11/07/2017, com um número de alunos participantes de 30 alunos. A data do teste não foi comunicado aos alunos antes de sua realização, e no

momento da aplicação explicamos novamente os seus objetivos. Na tabela 6.4 temos os resultados do teste.

Tabela 6.10 – Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pós-teste aplicados a alunos da turma B do 9º ano do ensino fundamental do CEECR.

Pontuação	f_i	$f_r(\%)$	F_i	$F_R(\%)$
Acertos	490	51,05	499	50,40
Erros	464	48,33	983	99,38
Branco	6	0,62	960	100

Como o pós-teste tem um total de 32 questões o número total de questões mostrados na tabela é 960. A fim de entendermos melhor como se dá a distribuição de frequências construímos o gráfico de setores 6.5.

No gráfico 6.12 observamos uma diferença de 3 % entre o número de acerto e erros, e novamente uma redução muito significativa do número de respostas em branco. Novamente respostas foram registradas, 1% de indicação de desconhecimento das questões.

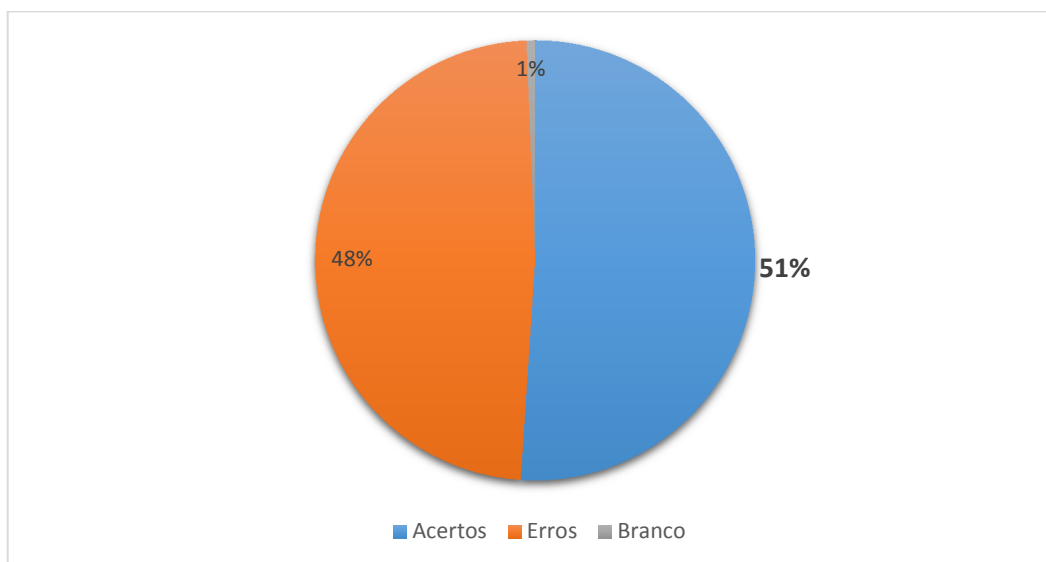


Gráfico 6.12. Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pós-teste realizado para estudantes da turma B do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco”.

Turma C

O pós-teste foi realizado no dia 11/07/2017, com um número de alunos participantes de 32 alunos. A data do teste não foi comunicada aos alunos antes de sua realização, e no momento da aplicação explicamos novamente os seus objetivos. Na tabela 6.4 temos os resultados do teste.

Tabela 6.11 – Distribuição de frequências com as classes “Acerto, Erro e Branco para o pós-teste aplicados a alunos da turma C do 9º ano do ensino fundamental do CEECR.

Pontuação	f_i	$f_r(\%)$	F_i	$F_R(\%)$
Acertos	552	53,90	552	53,03
Erros	463	45,20	1015	99,10
Branco	9	0,90	1024	100

Como o pós-teste tem um total de 32 questões o número total de questões mostrados na tabela é 1024. A fim de entendermos melhor como se dá a distribuição de frequências construímos o gráfico de setores 6.5.

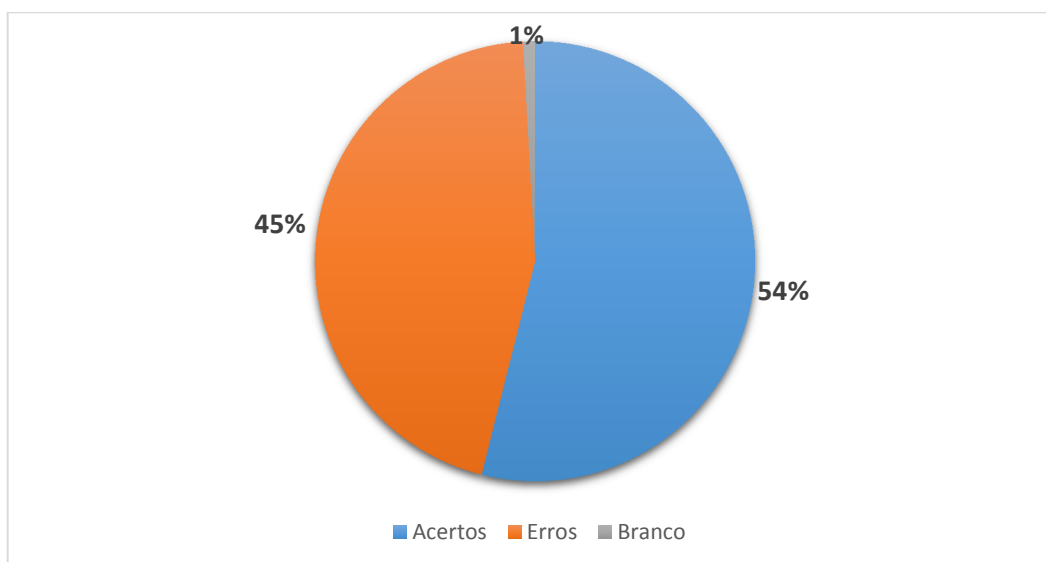


Gráfico 6.13. Mostra a proporção de acertos, erros e questões em branco de um pós-teste realizado para estudantes da turma C do CEECR. O resultados indicam os valores médios com aproximação de resultados para melhor entendimento das classes “Acerto”, “Erro” e “Branco”.

No gráfico 6.13 observamos um índice de acertos de 54%, o que se comparado ao pré-teste, o qual correspondia a 26%, equivale a aproximadamente o dobro de acertos.

O resultado desta turma, bem como das outras, são indicativos importantes e positivos acerca da intervenção em sala de aula, pois nos revela um decréscimo muito significativo nas respostas em branco e em contrapartida um aumento no número de erros e acertos. Desse modo veremos de uma maneira mais global qual o comportamento médio dos alunos no pós teste.

Resultado Médio das Turmas

Mais uma vez vale ressaltar que cada turma apresentou resultados distintos, entretanto o detalhe comum é uma diminuição muito relevante nas indicações de desconhecimento dos temas. Com estas 3 turmas temos uma amostra com um número suficientemente grande dados para entender o comportamento geral de turmas desta mesma série. Além disso, novamente lembramos que o número de variáveis para uma população tão diversa é muito grande, portanto acreditamos que a amostra nos revelará um possível comportamento padrão, expandindo assim os resultados.

Desta vez o número total de alunos participantes foi igual a 91, analogamente a seção 2.2.2 fizemos a tabela 6.11, seguindo o mesmo método estatístico de análise de dados através de distribuição de frequências em classes.

Tabela 6.12 – Apresenta o resultado total do pós-teste para as três turmas avaliadas. Em média as frequências se aproximaram indicando assim um referência para a amostra pesquisada.

Pontuação	f_i	$f_r(\%)$	F_i	$F_R(\%)$
Acertos	1535	52,71	1535	51,98
Erros	1354	46,50	2889	99,21
BRANCO	23	0,79	2912	100,00

Como uma frequência acumulada de resultados igual a 2912, temos uma distribuição mais proporcional dos resultados. A diferença entre a quantidade de acertos e erros observando o resultado geral das 3 turmas no pré-teste foi de 1% em favor dos erros, o que pode ser visto no gráfico 6.8. Nos pós-testes o número de acertos foi, aproximadamente, 7% maior que os erros. Em números absolutos são 191 questões marcadas acertadamente.

Semelhantemente aos casos anteriores construímos o gráfico de setores na figura 6.8 evidenciando os resultados discutidos.

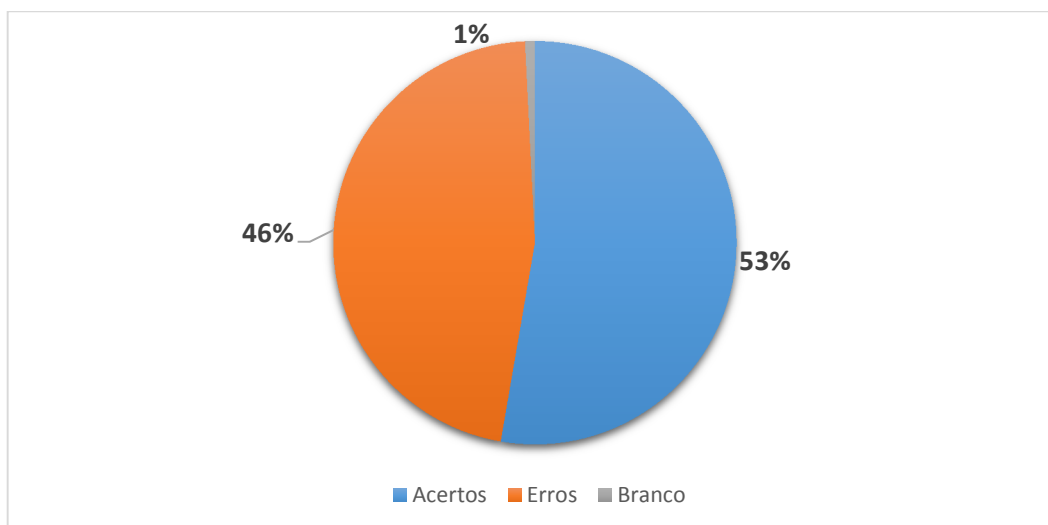


Gráfico 6.14. Mostra a proporção média dos acertos, erros e questões deixadas em branco para as 3 turmas avaliadas. A observação destes resultados médios mostra que 1% das questões foram indicadas como conteúdos desconhecidos e que das 99% que consideraram como entendidas mais da metade estavam corretas.

A redução do número de questões em branco revela que o Saber Sábido foi inserido no ambiente de ensino, ou seja, se tornou um Saber ensinado. O aumento no número de erros e acertos nos sugere que os alunos, apesar de conhecerem os conteúdos, entenderam alguns de forma correta e outros de modo incorreto. O resultado é perfeitamente plausível, pois sabemos que com apenas duas provas e algumas intervenções em sala seria pouco provável um índice muito elevado nos acertos, o que foge a realidade do ambiente escolar como um todo. Mesmo assim fica claro que a proposta se mostra pertinente, tendo em vista uma margem de 7 % de acertos, ressaltando que os alunos tem poucos recursos e informações no tocante ao Saber a Ensinar disposto em livros, por exemplo. Uma análise de quais aspectos o Saber Ensinado foi mais efetivo e quais precisam ser melhor trabalhados foi feita após avaliarmos os resultados, dentre os quais podemos citar algumas observações específicas:

- Os alunos ainda continuam com dificuldades de compreender que o Sol faz parte de uma galáxia com bilhões de outras estrelas e não está no centro dela.

- As questões envolvendo a morte das estrelas, principalmente os buracos negros, foram as mais solicitadas e discutidas.
- Estabelecer uma correlação entre a nucleossíntese, abundância de elementos químicos, tabela periódica e evolução estelar foi um dos pontos de destaque observado nas discussões na sala de aula.

Entendemos que estabelecer uma ligação entre a química básica, inicialmente estudada no ensino fundamental, e a Evolução Estelar é um caminho bem eficiente para tornar a transposição interna possível.

Capítulo 7

CONCLUSÕES

A Evolução Estelar é um dos processos mais relevantes, senão o mais importante, que ocorre no universo. Sem este não teríamos a abundância de elementos químicos vista na tabela periódica, a formação de estruturas como o nosso Sistema Solar e nem a vida tal qual conhecemos. Contudo, este Saber é pouquíssimo explorado no ensino básico, mesmo fazendo parte da imaginação humana desde a antiguidade.

Muitos esforços estão sendo feitos com objetivo de inserir este conteúdo no ensino regular, bem como outros de física moderna. Em nosso país temos a lei de diretriz e bases e os PCN que orientam no sentido de incluir no currículo temas como este. Ao analisarmos alguns dos livros didáticos de ciências direcionados ao ensino público no período de 2015 a 2017, constatamos que não havia nenhuma menção à evolução estelar e a proporção dedicada a Astronomia de uma maneira geral foi de apenas 4%, o que pode ser visto no gráfico 6.1.

A falta destes conteúdos em livros didáticos é um dos fatores que inibi ou dificulta o aprendizado dos estudantes. Os resultados observados nos pré-testes revelaram que tanto alunos do 9º ano do ensino fundamental, quanto alunos do ensino médio desconhecem o assunto ou aprenderam de maneira equivocada. Como exemplo, podemos citar o resultado médio de três turmas do 9º ano do ensino fundamental, no qual 39% sinalizaram conteúdos como desconhecidos e 31% responderam erroneamente. Mesmo com este resultado muitos alunos revelaram gostar ou ter curiosidade acerca dos temas, desejando assim estudá-los.

Evidentemente poderíamos esperar que a falta de transformação externa deste Saber estaria de algum modo associado a exclusão total ou parcial do mesmo em sala de aula. Sem auxílio de livros ou recursos didáticos a transformação interna naturalmente fica prejudicada, conseqüentemente o aprendizado dos estudantes também fica. Todavia ao professor é possível buscar meios alternativos para transformação externa e interna, como por exemplo, a produção de jogos, textos, seqüências didáticas entre outros, que viabilizem a inserção deste Saber.

Com a intervenção em sala de aula vimos que é perfeitamente plausível inserir Evolução Estelar no contexto do ensino fundamental. Um aspecto importante é que a partir da metodologia escolhida fizemos uma abordagem transversal com outros conteúdos

obrigatórios, como por exemplo: modelos atômicos, tabela periódica e ligações químicas. Também usamos o jogo didático Star Evolution concomitantemente às atividades comuns do ambiente escolar, como as aulas expositivas-participativas, exercícios e seminários. Jogos lúdicos atraem e instruem os estudantes sem que estes percebam o nosso objetivo principal, diferentemente das abordagens mais tradicionais de ensino. Como resultado destas intervenções observamos um crescimento no número de acertos, diminuição dos erros e questões sinalizadas como desconhecidas, ver figura 6.14.

Um outro ponto de destaque é que esse novo Saber, ao ser apresentado a muitos estudantes, os leva a um interesse maior no sentido de aprofundar seus conhecimentos. Temos o desafio de manter e dar suporte aos alunos que tenham interesse pelas ciências. Em nosso caso usamos a iniciação científica com uma turma de estudos avançados. Além de muitos resultados positivos, como os mostrados da seção 6.3.1, tal prática dá maior visibilidade e incentiva outros estudantes que queiram trilhar os mesmos caminhos. Baseado em nossos resultados sugerimos a iniciação científica como projeto pedagógico permanente e optativo nas escolas, pois esta pode lapidar as mentes talentosas, estabelecer vínculos entre aluno e conhecimento científico.

Portanto é possível concluir que a Transposição Didática do conteúdo Evolução Estelar pode ser feita com êxito tanto no ensino fundamental de ciências, quanto no ensino de estudantes de outras séries, ou outros projetos, como de iniciação científica. Ademais, desejamos que este trabalho possa ser usado como uma ferramenta para professores e comunidade acadêmica como um todo. Esperamos que nossa pequena contribuição ajude a difundir um pouco mais a ciência no ambiente de ensino, de maneira mais lúdica e divertida, possibilitando assim aos jovens estudantes um aprendizado mais fácil e prazeroso. Finalizamos com uma frase que (no nosso ponto de vista) representa bem o ensino de Astronomia em todos os ambientes:

"Sem a curiosidade que me move, que me inquieta, que me insere na busca, não aprendo nem ensino". "A educação necessita tanto de formação técnica e científica como de sonhos e utopias". (Paulo Freire)

Capítulo 8

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES FILHO, J. P. Atividades experimentais: do método à prática construtivista. Tese (Doutorado) - UFSC, Centro de Ciências da Educação, Santa Catarina, 2000. Acesso em 02 -11- 2017.

BASDEVANT, J.L.; RICH, J.; SPIRO, M. **Fundamentals in nuclear physics: from nuclear structure to cosmology**. New York: Springer, Jun. 2005.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Orientações curriculares para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Volume 2. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 44p. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/book_volume_02_internet.pdf

Brasil, Secretaria de Educação Fundamental. Parâmetros curriculares nacionais : Ciências Naturais / Secretaria de Educação Fundamental. Brasília : MEC / SEF, 1998. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/ciencias.pdf>

BROCKINTON, G., & PIETROCOLA, M. (2005). Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física moderna?(Are the rules for Didactical Transposition applicable to the concepts of modern physics?). *Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre*, 10(3), 387-404.

CARUSO, F; OGURI, V. A eterna busca do indivisível: do átomo filosófico aos quarks e léptons. *Química nova*, v. 20, n. 3, p. 324-334, 1997.

CHEVALLARD, Yves. La transposición didáctica: del saber sabio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

CHUNG, K. C. Introdução à física nuclear. Rio de Janeiro: EdUERJ, 2001.

CORREA, S. M. B. B. Probabilidade e estatística. Belo Horizonte: PUC Minas Virtual, v. 2, 2003.

DA CUNHA, M. B. Jogos no ensino de química: considerações teóricas para sua utilização em sala de aula. *Química Nova na Escola*, São Paulo,[s. L.], v. 34, n. 2, p. 92-98, 2012.

DEXHEIMER, V. A. Compressibilidade da matéria nuclear em estrelas de nêutrons. Tese de Mestrado, UFRGS, Florianópolis. 2006.

FERREIRA, M. Das origens da alquimia, até o surgimento da química. 2013.

FILHO, K. S. O.; SARAIVA, M. D. F. O. *Astronomia e Astrofísica*. 3 de Set. de 2017. Disponível em <http://astro.if.ufrgs.br/estrelas/node14.htm>

FINLAY, G. C. The physical science study committee. *The School Review*, v. 70, n. 1, p. 63-81, 1962.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia*. São Paulo: Paz e Terra, ed.25, 2002.

HOLTON, G. The project physics course, then and now. *Science & Education*, v. 12, n. 8, p. 779-786, 2003.

HOLTON, G., RUTHERFORD, J.F., WATSON, F.G. *Project Physics Course*. New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970

JUNIOR, C. H. S. M. *Elementos Pesados por Captura de Nêutrons nos Estágios Iniciais da Galáxia*. Tese de Doutorado, USP, São Paulo, 2014.

KAWAMURA, M. R. D.; HOSOUME, Y. A contribuição da física para um novo ensino médio. *Física na Escola*, v. 4, n. 2, p. 22-27, Nov. 2003.

KISHIMOTO, T. M. Froebel e a concepção de jogo infantil. *Revista da Faculdade de Educação*, v. 22, n. 1, p. 145-167, 1996.

LINDLEY, J. *Harvard Project Physics*. 2009. Disponível em <http://physicsed.buffalostate.edu/pubs/phy690/Lindley2010/SCI%20632%20Final%20P aper%20-%20HPP.docx>.

LO, A. The game of leaves: An inquiry into the origin of Chinese playing cards. *Bulletin of the School of Oriental and African Studies*, v. 63, n. 03, p. 389-406, 2000.

LOPES, C. *Modelos atômicos no início do século XX: da física clássica à introdução da teoria quântica*. 2009. Tese (Doutorado em Educação) - PUC –SP, São Paulo, 2009. Acesso em: 03 - 07 - 2017.

MACIEL, Walter J. Formação dos elementos químicos. *Revista USP*, n. 62, p. 66-73, 2004.

MACIEL, W. J. *Introdução à Estrutura e Evolução Estelar*. São Paulo: EdUsp, 1999.

MARTINS, R.V. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 7, p. 27-45, 1990.

MENEZES, J. E. U., SILVA, R. D. S. D. U., & QUEIROZ, S. M. U. (2008). A transposição didática em chevallard: as deformações/transformações sofridas pelo conceito de função em sala de aula. In *Congresso Nacional de Educação* (Vol. 8, pp. 1191-1201).

MADEJSKY, R. K. *Curso Básico de Astrofísica e Cosmologia*. Feira de Santana: UEFS Editora, 2014.

MARINELLI, J. R. Enxergando o núcleo atômico. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 6, n. 3, p. 234-240, 1989.

MARQUES, D. M.; CALUZI, J. J. Ensino de Química e História da Ciência: o modelo atômico de Rutherford. 4ª ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS–ABRAPEC, Bauru 2003.

MENESES, L.C. Uma Física para o Novo Ensino Médio. Física na Escola. v. 1, n.1, p.7, out. 2000.

MOHAMMADI, S. Exotic Nuclei in Star. **Research Journal of Physics**. v. 3, n. 2, p. 21-31, 2009.

ORLIK, Yuri; ORLIK, Yuri. Química: métodos activos de enseñanza y aprendizaje. 2002.

OSTERMANN, F., MOREIRA, M. A. Física contemporânea en la escuela secundaria: una experiencia en el aula involucrando formación de profesores. Aceito para publicação na Revista de Enseñanza de las Ciencias. Barcelona. 1999.

Ostermann, F., Moreira, M. A. (2000). Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa " Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio". *Investigações em ensino de ciências. Porto Alegre. Vol. 5, n. 1 (jan./abr. 2000), p. 23-48.*

ORE (OBSERVATÓRIO DOS RECURSOS EDUCATIVOS). Por uma Utilização Criteriosa dos Recursos Digitais em Contextos Educativos. Um Balanço de Investigações Recentes. 2014. Disponível em: http://www.ore.org.pt/filesobservatorio/pdf/EstudoORE_RecursosDigitaisemContextosEducativos.pdf. Acesso em 20 de dezembro de 2017.

PARENTE, F. A. G.; SANTOS, A.C.F; TORT, A. C. Os 100 anos do átomo de Bohr. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, p. 4301, 2013.

PICAZZIO, E. Estrelas. Evolução após a Sequência Principal. 2006. Disponível em: <http://www.astro.iag.usp.br/~picazzio/aga210/apresentacao/estrela-4.pdf>. Acesso em 12 de dezembro de 2015.

RAW, I. The physical science study committee: Física Parte 1. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1963. Disponível em: http://fep.if.usp.br/~profis/projetos/PSSC/PSSC_Parte%201.pdf. Acesso em 27 de janeiro de 2017.

RITOSSA, C.; GARCÍA-BERRO, E.; IBEN, I., Jr. On the Evolution of Stars That Form Electron-degenerate Cores Processed by Carbon Burning. II. Isotope Abundances and Thermal Pulses in a $10 M_{\odot}$ Model with an One Core and Applications to Long-Period Variables, Classical Novae, and Accretion-induced Collapse. **Astrophysical Journal** v. 460, p. 489, Mar. 1996.

RODRIGUES, C. D. Oi. Inserção da Teoria da relatividade no ensino médio: Uma nova proposta. Tese de Mestrado, UFSC, Florianópolis, 2001.

SANTANNA, A; NASCIMENTO, P. R. A história do lúdico na educação. The history of playful in education. *Revemat: Revista Eletrônica de Educação Matemática*, v. 6, n. 2, p. 19-36, 2011.

SOARES, M. C. et al. O ensino de ciências por meio da ludicidade: alternativas pedagógicas para uma prática interdisciplinar. *Revista Ciências & Ideias* ISSN: 2176-1477, v. 5, n. 1, p. 83-105, 2014.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. A Transposição Didática aplicada a teoria contemporânea: A Física de Partículas elementares no Ensino Médio. X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, Londrina, 2006.

TERRAZZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez. 1992.

TERUYA, N.; DUARTE, S. B. Núcleos Exóticos e Síntese dos Elementos Químicos. *Quim. Nova*, v. 35, n. 2, p. 360-366, 2012.

TOLENTINO NETO, L. Os interesses e posturas de jovens alunos frente às ciências: resultados do Projeto ROSE aplicado no Brasil. 2008. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Acesso em: 11-05-2017.

VALENTE, L.; BARCELLOS, M. E.; SALÉM, S.; KAWAMURA, M.R.D. FÍSICA NUCLEAR: CAMINHOS PARA A SALA DE AULA. Curitiba 2008. Disponível em: http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/_fisicanuclearcaminhospar.trabalho.pdf

VAN MELSEN, A. G. From atoms to atom: The history of the concept atom. Courier Corporation. 2004

WHEELER, J. A. Our Universe: the known and the unknown. *The Physics Teacher*, v. 7, n. 1, p. 24-34, 1969.

WILKINSON, W. H. "Chinese Origin of Playing Cards." *American Anthropologist*, vol. 8, no. 1, , pp. 61-78, 1895.

ZABOT, A. M. Discos de poeira em torno de anãs brancas. Tese (Doutorado), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011. Acesso em: 05-11-2017.



APÊNDICE A

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA – MESTRADO PROFISSIONAL

TESTE DE SONDAGEM (PRÉ-TESTE)

Nas questões de 1 a 4 marque (V) para as afirmações verdadeiras, (F) para as falsas e caso não saiba a resposta deixe em branco.

Questão 1) (Sistema Solar)

- () O inverno acontece quando a Terra está mais afastada do Sol.
- () O planeta Mercúrio é o mais quente do sistema solar.
- () O Sol é uma estrela que ocupa o centro de nossa galáxia.
- () Júpiter, Saturno, Urano e Netuno são classificados como Exoplanetas.
- () O corpo humano emite radiação continuamente.
- () A teoria que afirma que o Sol é o centro do Sistema Solar chama-se Heliocentrismo.
- () O Sol apresenta manchas escuras em sua superfície.
- () Uma estrela cadente é um evento lindo que mostra as estrelas se movimentando rapidamente.
- () Fora da Terra não temos gravidade, o que explica os astronautas flutuando no espaço.

2) (Estrutura da Matéria)

- () Interação forte é o que mantém o núcleo unido.
- () Muitas Moléculas formam o que chamamos de átomo.

- () Prótons tem cargas positivas e elétrons tem carga negativa, por isso os elétrons fazem parte do núcleo.
- () Os elementos neutros tem mesmo número de elétrons e prótons.
- () Ionização é o excesso ou falta de elétrons.
- () É possível ligar dois prótons mesmo eles tendo cargas iguais.
- () O núcleo atômico é constituído por nêutrons e prótons.
- () O hidrogênio possui dois protons e um nêutron.
- () O número atômico corresponde a soma $P + N$.
- () A força nuclear é de longo alcance.

3) (Evolução Estelar)

- () As estrelas nascem a partir de nuvens de gás chamadas nebulosas.
- () Estrelas de alta luminosidade e baixa temperatura superficial são avermelhadas.
- () Estrelas podem criam os elementos químicos hélio, ferro e níquel.
- () O Sol vai evoluir se transformando num buraco negro.
- () Anã Branca faz parte do ciclo evolutivo das estrelas.
- () A cadeia PP pode formar Lítio e Carbono.
- () Supernova é um termo comum usado para estrelas que acabaram de nascer.
- () Um buraco negro é uma estrutura escura devido à ausência de matéria.
- () A gravidade e as reações nucleares são as principais causas do equilíbrio estelar.
- () Na sequencia principal as estrelas passam a maior parte de sua vida transformando hidrogênio em hélio.

4) (Radioatividade)

- () O corpo humano emite radiação.
- () Toda radiação é nociva a vida.
- () Ondas de rádio consideradas uma forma de radiação.
- () Enriquecimento de urânio é o processo no qual modificamos o elemento natural.
- () A radiação beta tem menor poder de penetração em comparação com a alfa.
- () Raio X é produzido por elétrons.
- () Numa bomba nuclear de urânio ocorre a fusão de prótons.
- () O Urânio 238 decai em bilhões de anos.

A radiação é o transporte de energia através de partículas ou ondas.

5) O que caracteriza um elemento químico é sua quantidade de:

elétrons nêutrons nêutrons e prótons não Sei prótons

6) Núcleos com o mesmo atômico mas N e A diferentes são chamado de:

isócronos isótopos radioativos isobáricos não sei

APÊNDICE B

Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA – MESTRADO PROFISSIONAL

TESTE DE SONDAGEM (PÓS-TESTE)

Nas questões de 1 a 4 marque (V) para as afirmações verdadeiras, (F) para as falsas e caso não saiba a resposta deixe em branco.

1) (Sistema Solar)

- () A teoria que afirma que o Sol é o centro do sistema solar chama-se Heliocentrismo.
- () O Sol apresenta manchas escuras em sua superfície.
- () Uma estrela cadente é um evento lindo que mostra as estrelas se movimentando rapidamente.
- () Fora da Terra não temos gravidade, o que explica os astronautas flutuando no espaço.
- () Os planetas internos tem satélites naturais.
- () Um dos movimentos da Terra se chama Revolução.
- () O inverno acontece quando a Terra está mais afastada do Sol.
- () Urano e Júpiter possuem anéis .
- () O planeta Mercúrio é o mais quente do Sistema Solar.
- () O Sol é uma estrela que ocupa o centro de nossa galáxia.
- () Júpiter, Saturno, Urano e Netuno são classificados como Exoplanetas.

2) (Estrutura da Matéria)

- () Interação forte é o que mantém o núcleo unido.
- () Muitas Moléculas formam o que chamamos de átomo.
- () Prótons tem cargas positivas e elétrons tem carga negativa, por isso os elétrons fazem parte do núcleo.
- () Os elementos neutros tem mesmo número de elétrons e prótons.
- () Ionização é o excesso ou falta de elétrons.
- () É possível ligar dois prótons mesmo eles tendo cargas iguais.
- () O núcleo atômico é constituído por nêutrons e prótons.
- () O hidrogênio possui dois protons e um nêutron.
- () O número atômico corresponde a soma $P + N$.
- () A força nuclear é de longo alcance.

3) (Evolução Estelar)

- () As estrelas nascem a partir de nuvens de gás chamadas nebulosas.
- () Estrelas de alta luminosidade e baixa temperatura superficial são avermelhadas.
- () Estrelas podem criam os elementos químicos hélio, ferro e níquel.
- () O Sol vai evoluir se transformando num buraco negro.
- () Anã Branca faz parte do ciclo evolutivo das estrelas.
- () A cadeia PP pode formar Lítio e Carbono.
- () Supernova é um termo comum usado para estrelas que acabaram de nascer.
- () Um buraco negro é uma estrutura escura devido à ausência de matéria.
- () A gravidade e as reações nucleares são as principais causas do equilíbrio estelar.
- () Na sequencia principal as estrelas passam a maior parte de sua vida transformando hidrogênio em hélio.

4) (Radioatividade)

- () O corpo humano emite radiação.
- () Toda radiação é nociva a vida.
- () Ondas de rádio consideradas uma forma de radiação.

- Enriquecimento de urânio é o processo no qual modificamos o elemento natural.
- A radiação beta tem menor poder de penetração em comparação com a alfa.
- Raio X é produzido por elétrons.
- Numa bomba nuclear de urânio ocorre a fusão de prótons.
- O Urânio 238 decai em bilhões de anos.
- A radiação é o transporte de energia através de partículas ou ondas.

5) O que caracteriza um elemento químico é sua quantidade de:

- elétrons nêutrons nêutrons e prótons não Sei prótons

6) Núcleos com o mesmo atômico mas N e A diferentes são chamado de:

- isócronos isótopos radioativos isobáricos não sei

APÊNDICE C

Pós-Graduação em **Astronomia**
MESTRADO PROFISSIONAL
UEFS



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA – MESTRADO PROFISSIONAL

TESTE DE SONDAGEM (GRUPO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA)

Questão 1) Marque (V) para as afirmações verdadeiras, (F) para as falsas e caso não saiba deixa a resposta em branco:

- () O inverno acontece quando a Terra está mais afastada do Sol.
- () O planeta Mercúrio é o mais quente do sistema solar.
- () O Sol é uma estrela que ocupa o centro de nossa galáxia.
- () Um buraco negro é o resultado da evolução de uma estrela muito massiva.
- () Júpiter, Saturno, Urano e Netuno são classificados como Exoplanetas.
- () O corpo humano emite radiação continuamente.
- () A teoria que afirma que o Sol é o centro do Sistema Solar chama-se Heliocentrismo.
- () O Sol apresenta manchas escuras em sua superfície.
- () Definimos como Supernova uma estrela jovem, ou seja, uma estrela que acabou de ser formada.
- () Uma estrela cadente é um evento lindo que mostra as estrelas se movimentando rapidamente.
- () Fora da Terra não temos gravidade, o que explica os astronautas flutuando no espaço.

Questão 2) Marque (V) para as afirmações verdadeiras, (F) para as falsas e caso não saiba deixa a resposta em branco:

- () Um elemento radioativo é estável.
- () Fissão ocorre quando elétrons são arrancados do átomo.

- () O Sol é composto predominantemente por átomos de hidrogênio e hélio
- () A fusão é o processo no qual o núcleo atômico passa por transformação.
- () O Sol é composto principalmente por matéria radioativa semelhante ao urânio que produz bombas atômicas.
- () Queima de Hidrogênio é o processo que converte hidrogênio em hélio, muito comum no Sol.
- () É impossível aproximar dois prótons pois eles tem cargas iguais.
- () O raio x é produzido por um processo de desaceleração de elétrons.
- () Um próton não afasta um outro próton devido a uma outra força de atração entre os nêutrons e os prótons, contrabalanceando parcialmente a repulsão elétrica próton-próton.
- () O ciclo CNO produz carbono , nitrogênio e oxigênio.
- () Estrelas como o Sol se tornarão supergigantes azuis.
- () As estrelas nascem a partir de nuvens de gás chamadas nebulosas.
- () Estrelas de alta luminosidade e baixa temperatura superficial são avermelhadas.
- () Estrelas podem criar os elementos químicos hélio, ferro e níquel.
- () O Sol vai evoluir se transformando num buraco negro.
- () Anã Branca faz parte do ciclo evolutivo das estrelas.
- () A cadeia PP pode formar Lítio e Carbono.
- () Supernova é um termo comum usado para estrelas que acabaram de nascer.
- () Um buraco negro é uma estrutura escura devido à ausência de matéria.
- () A gravidade e as reações nucleares são as principais causas do equilíbrio estelar.
- () Na sequência principal as estrelas passam a maior parte de sua vida transformando hidrogênio em hélio.
- () Enriquecimento de urânio é o processo no qual modificamos o elemento natural.
- () O Urânio 238 decai em bilhões de anos.

Questão 5) O núcleo atômico é constituído por:

- () elétrons e prótons, () prótons, elétrons e nêutrons, () neutros e elétrons, () prótons e nêutrons, () não sei

Questão 6) Cada próton do núcleo tenta afastar um outro próton, devido à:

(a) repulsão magnética, (b) choque de partícula, (c) campo magnético, (d) repulsão elétrica, (e) não sei.

Questão 8) Um decaimento radioativo ocorre quando isótopos instáveis têm seus núcleos rompidos em razão da instabilidade atômica. As três formas mais comuns de decaimento são: alfa, beta e gama.

As partículas alfa são núcleo de:

(a) H, (b) He, (c) H₂O, (d) ⁴He, (e) não sei

As partículas beta são formados por:

(a) elétrons e pósitrons, (b) elétrons, (c) pósitrons, (d) neutrons, (e) não sei

Os raios gama são:

(a) ondas gravitacionais, (b) ondas térmicas, (c) ondas eletromagnéticas, (d) ondas de pressão, (e) não sei

APÊNDICE D

Pós-Graduação em **Astronomia**
 MESTRADO PROFISSIONAL
 UEFS



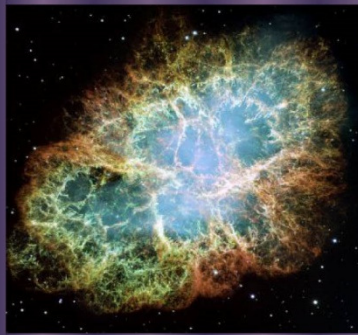
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ASTRONOMIA – MESTRADO PROFISSIONAL

Cartas confeccionadas para o jogo Star Evolution



<h2>Black Hole</h2>  <p>Descrição: Resultado da evolução de estrelas de grande massa. Possui altíssima concentração de massa. A Gravidade é tão intensa que nem a luz consegue escapar!</p> <p>Ação: Reduz a defesa e ataque em 1 ponto a cada 3 rodadas de cartas inimigas.</p> <p>ATAQUE 8 DEFESA 10</p>	<h2>Escudo Magnetar</h2>  <p>Descrição: São campos magnéticos extremamente intensos formados em algumas estrelas de nêutrons.</p> <p>Ação: Torna uma carta invulnerável por duas rodadas. Inválido em Buracos Negros.</p> <p>ATAQUE DEFESA</p>	<h2>Estrela de Nêutrons</h2>  <p>Descrição: É o resultado da evolução de estrelas de massa intermediária. Possui rotação extremamente rápida e campo magnético intenso. Sua gravidade é tão poderosa que faz os elétrons colapsarem com prótons produzindo nêutrons.</p> <p>ATAQUE 7 DEFESA 8</p>
<h2>Explosões Cóslicas</h2>  <p>Descrição: As explosões cósmicas de raios gama emitem a maior quantidade de energia já observada no universo. Em poucos segundos a energia liberada é equivalente a que o Sol vai emitir durante toda a sua vida.</p> <p>Ação: Força implacável que destrói tudo em seu caminho! Duração 2 Rodadas.</p> <p>ATAQUE 9 DEFESA Invulnerável</p>	<h2>Gigante Azul</h2>  <p>Descrição: É uma estrela muito massiva que também possui alta luminosidade e temperatura superficial. Possui um tempo de vida curto em comparação com estrelas mais frias. Sua evolução é uma estrela de nêutrons.</p> <p>ATAQUE 4 DEFESA 4</p>	<h2>Gigante Vermelha</h2>  <p>Descrição: Um astro de grandes dimensões que possui baixa temperatura superficial, porém é muito luminosa. Estrelas como o Sol se tornaram gigantes vermelhas ao sair da sequência principal.</p> <p>ATAQUE 4 DEFESA 3</p>

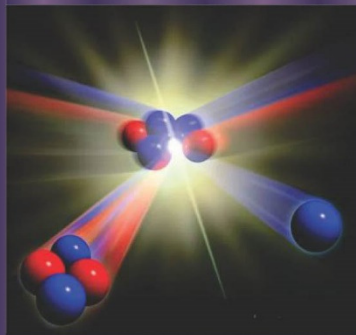
Nebulosa



Descrição: É uma nuvem de gás e poeira composta por principalmente Hidrogênio e Hélio. Suas dimensões podem atingir até centenas de anos-luz de diâmetro. São nessas regiões que as estrelas nascem.

Ação: Se combinada com outra carta é absorvida concedendo massa ao astro e defesa permanente de +1.

Nucleossíntese Estelar



Descrição: É o processo de criação de elementos químicos que ocorre no interior das estrelas.

Ação: Em cartas inimigas você pode impedir as reações diminuindo seu poder de ataque em -3. Nas suas cartas você pode aumentar as reações aumentando o poder de ataque em 2. Válido apenas em estrelas.

ATAQUE

DEFESA

O Sol



Descrição: Estrela do Sistema Solar com temperatura superficial de 5700 K, cor amarela e classificada como anã. Responsável por 99,86% da massa do Sistema Solar, possui uma massa 332.900 vezes maior que a da Terra.

ATAQUE

3

DEFESA

3

Planeta



Descrição: São astros que orbitam uma estrela com massa suficiente para se tornar esférico pela sua própria gravidade. Possui a sua órbita livre, ou seja, o caminho que o planeta faz não pode ser influenciado ou obstruído por nenhum outro planeta.

ATAQUE 2

1 DEFESA

Super Gigante Azul



Descrição: Uma estrela de alta massa, extremamente luminosa e quente com temperaturas na superfície entre 20.000 e 50.000K. Esse raro tipo de estrelas está entre as estrelas mais quentes e brilhantes conhecidas no Universo. Sua evolução é o astro mais poderoso do jogo, um Buraco Negro.

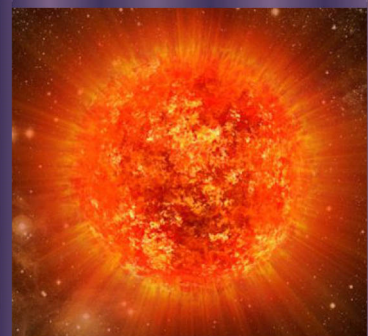
ATAQUE

6

DEFESA

5

Super Gigante Vermelha



Descrição: Um dos maiores astros do universo, possui baixa temperatura superficial mas é muito luminosa. Seu diâmetro é da ordem de centenas de vezes maior que o do Sol. É uma estrela já no final de sua vida, fora da sequência principal em breve explodirá como uma supernova.

ATAQUE

5

DEFESA

4

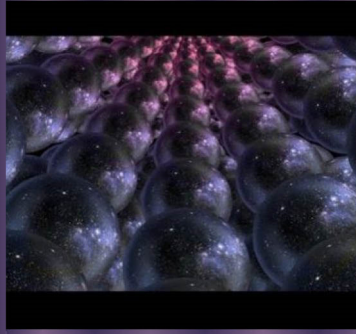
Supernova



Descrição: Evento explosivo que ocorre em estrelas massa de intermediária ou maior. Seu brilho é tão intenso e comparável a de Galáxias. Destruidora de estrelas.

Ação: Após 2 rodadas sua estrela evolui, porém nesse intervalo não podem atacar.

Universo Paralelo



Descrição: Neste novo universo você pode eliminar a carta inimiga que será acrescentada em até 2 rodadas. Após isso você perde sua carta e dois pontos de ação. Caso não seja acionada em duas rodadas será eliminada do deck.