

# ISAAC E ALBERT PERDIDOS NO ESPAÇO: UM TEXTO FICCIONAL PARA O ENSINO DE TÓPICOS DE ASTRONOMIA EM UM CURSO UNIVERSITÁRIO DE MECÂNICA BÁSICA

## ISAAC AND ALBERT LOST IN SPACE: A FICTION TEXT TO TEACH ASTRONOMY TOPICS IN A BASIC MECHANICS UNIVERSITY COURSE

Luciano Adley Costa Castro<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Federal Norte de Minas Gerais/IFNMG, lucianoadley@yahoo.com.br

<sup>2</sup> Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências/IFUSP, lucianoadley@usp.br

### Resumo

*As narrativas ficcionais têm sido apontadas como um importante recurso didático para o ensino de ciências. Entretanto, em nossos cursos universitários de física básica, tal recurso é ainda muitíssimo pouco explorado. No presente trabalho, apresenta-se uma proposta de texto narrativo ficcional para o ensino de conceitos de astronomia como parte integrante de um curso de mecânica básica. Para produzi-lo, empregou-se a proposta de estruturação de Labov, constituída de seis elementos estruturadores da narrativa, assim como elementos da Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud. Nossos primeiros resultados qualitativos, em concordância com o que se encontra na literatura correlata, confirmam a potencialidade desse recurso.*

**Palavras-chave:** Narrativa Ficcional; Ensino de Astronomia.

### Abstract

*The fiction narratives have been pointed as an important didactic resource in the teaching of science. However, in our university basic physics courses, this resource has been poorly explored. In this work, we show a fiction narrative text to teach some astronomy concepts as part of a college mechanics basic course. To produce it, we used the Labov's six basic elements of storytelling and Vergnaud's conceptual fields theory. Our first qualitative results, in agreement with the literature data, confirm the potential of fiction narratives*

**Keywords:** Fiction Narrative; Astronomy Teaching.

## INTRODUÇÃO

Nos livros-texto que usualmente são utilizados como bibliografia básica para os cursos introdutórios de Física em nossas universidades, alguns já clássicos e por diversas vezes reeditados, similares aos escritos por Halliday e Resnick ou Sears e Zemansky, por exemplo, reserva-se um capítulo, após o estudo da mecânica, para a abordagem do tema Gravitação Universal.

Na abordagem que tradicionalmente os textos acima referidos empregam, apresenta-se a lei de Newton para a força de interação gravitacional entre duas partículas, obtém-se a partir dessa lei de força a expressão para a energia potencial do sistema por elas constituído e, como aplicação, faz-se o tratamento das órbitas de satélites e planetas, apresentando-se em concomitância as leis de Kepler.

Em nossa experiência como aluno de graduação em Física, em meados da década de 1980, e também de docente, nos dias de hoje, temos testemunhado que o tratamento *quasi-histórico* (WHITAKER, 1979), assim como a *reconstrução racional* da história da ciência (LAKATOS, 1978), empregados por alguns autores no **processo de didatização** (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011) dos temas de astronomia presentes no currículo dos nossos cursos universitários de física básica, em muito contribui para que os alunos, ao final do estudo de tais temas, perseverem na manutenção de *concepções alternativas* (LANGHI, 2011) e, também, de “[...] esquemas inalterados de modelos alternativos, ambíguos e/ou errôneos, que apelam, por sua vez, aos esquemas memorizados no passado, especialmente durante o longo ‘aprendizado’ no Ensino Médio e Fundamental.” (PEDROCHI; NEVES, 2005, p. 7).

Tendo em conta tais experiências e indicações da literatura, bem como as reflexões que alguns trabalhos, particularmente o de Mathews (1995) e o de Barroso e Borgo (2010), nos suscitaram, elaboramos um texto narrativo, ficcional, cujo título é *Isaac e Albert Perdidos no Espaço*, com o objetivo de inserir temas de astronomia no contexto da mecânica newtoniana, distintamente do que é comum nos livros-texto já citados, nos quais a Gravitação Universal é tratada como se fora um apêndice.

Embora conscientes do desafio que tal produção autoral representa, atrevemo-nos a fazê-lo, em parte pelo amparo que buscamos em alguns referenciais teóricos, em parte também por compartilharmos com Piassi e Pietrocola da seguinte expectativa:

[...] é na leitura crítica que a irrealidade da ficção se torna realidade sociocultural, já que toda obra literária fala da experiência humana de forma legítima, travestindo a realidade em fantasia. Nesse sentido, permite colocar o estudante frente à obra ficcional como um leitor crítico e levá-lo a questionar sua própria experiência vivida com os conceitos da ciência no contexto da vida humana. (PIASSI; PIETROCOLA, 2009, p. 538).

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao menos nos últimos cento e cinquenta anos, desde que Júlio Verne escreveu, em 1863, o livro *Cinco Semanas em um Balão*, o gênero da narrativa ficcional, contendo *elementos especulativos contrafactuais* (ECO, 1989) e *permeado pelo discurso científico*, tornou-se popular e profícuo nos meios literário e cinematográfico, incorporando-se definitivamente às formas de expressão cultural de nossa civilização, muito especialmente no chamado “mundo ocidental”.

O estudo do potencial das narrativas ficcionais como recurso para o ensino de ciências, embora ainda fortemente ambientado nos níveis fundamental e médio de ensino (MARCHI; LEITE, 2011), já aponta referenciais teóricos e elementos balizadores razoavelmente confiáveis para que se possam utilizá-las, também, nos cursos universitários.

Um desses referenciais, capaz, ao nosso ver, de guiar a estruturação de uma narrativa ficcional com fins didáticos, apontado por Ribeiro e Martins (2007), baseia-se nos trabalhos de William Labov, considerado o fundador da *sociolinguística variacionista*, disciplina que tem por objetivo determinar a estrutura da linguagem – suas formas e organização subjacentes – e conhecer o mecanismo e as causas da mudança linguística. O Quadro 01 seguinte sumariza os elementos estruturadores da narrativa ficcional, segundo Ribeiro e Martins (2007, p. 297).

Quadro 01: Elementos Estruturadores de uma Narrativa.

Constituintes da Estrutura Interna da Narrativa	Questões de Referência
<b>Abstract</b>	Do que se trata?
<b>Orientação</b>	Quem? Quando? Onde? O quê?
<b>Complicação</b>	Então, o que aconteceu?
<b>Avaliação</b>	E então?
<b>Resolução</b>	Finalmente, o que aconteceu?
<b>Coda</b>	Fechamento

Na concepção teórica de Labov, o **abstract** funciona como uma introdução e serve para indicar ao leitor, sucinta e superficialmente, a natureza e o conteúdo do texto narrativo que se seguirá, assim como para despertar-lhe o interesse por sua leitura. A **orientação** é a parte da narrativa que situa o leitor quanto ao tempo, pessoas-personagens, lugares e ambientação, necessários, segundo o narrador, para a compreensão dos eventos que serão por ele narrados. A **complicação** é o conteúdo em si da narrativa e materializa-se nos fatos acontecidos. A **avaliação**, comumente uma interrupção da narrativa propriamente dita, visa revelar a posição, manifestação opinativa ou reflexiva do narrador em face daquilo que está narrando, assim como pôr em destaque determinadas unidades narrativas. A **resolução**, por seu turno, traz a “solução” para um “conflito” ou “impasse dramático” que foi tecido na narrativa. Por fim, na **coda**, elemento considerado opcional, o narrador reporta-se diretamente ao seu leitor, trazendo a temporalidade do discurso ao tempo presente e encerra a narrativa.

Mais especificamente, em se tratando da narrativa ficcional que tem uma intencionalidade didática definida e premeditada, na qual o atributo de ficção recairá somente sobre personagens e suas ações, devendo ser resguardado o teor científico que por meio dela se pretende facilitar o aprendizado, e entendendo que o estudante-leitor deverá ter a sua compreensão desafiada enquanto a lê, devemos considerar, também, além dos seis elementos (Quadro 01) que definem a *espacialidade da superfície textual* de tal narrativa, o *campo conceitual*, no sentido de Vergnaud, abrangido por ela, e os correspondentes **conceitos** que dotarão cada um dos seus elementos estruturadores das dimensões de *localidade* e *profundidade*.

Vergnaud, discípulo de Piaget, amplia e redireciona, em sua teoria, o foco piagetiano das operações lógicas gerais, das estruturas gerais do pensamento, para o estudo do funcionamento cognitivo do *sujeito-em-situação*, exemplificado no presente trabalho pelo estudante-leitor em face de uma narrativa ficcional.

Nesse contexto, então, valendo-nos das palavras de Moreira (2002), assim poderíamos resumir as concepções de Vergnaud:

Campo conceitual é [...] um conjunto informal e heterogêneo de problemas, situações, conceitos, relações, estruturas, conteúdos e operações de pensamento, conectados uns aos outros [...] Em Física, por exemplo, há vários campos conceituais -- como o da Mecânica, o da Eletricidade e o da Termologia -- que não podem ser ensinados, de imediato, nem como sistemas de conceitos nem como conceitos isolados. [...] Vergnaud define **conceito como um triplo de três conjuntos** [...]  $C = (S, I, R)$  onde: **S é um conjunto de situações** que dão sentido ao conceito; **I é um conjunto de invariantes** (objetos, propriedades e relações) sobre os quais repousa a operacionalidade do conceito, ou o conjunto de invariantes operatórios associados ao conceito, ou o conjunto de invariantes que podem ser reconhecidos e usados pelos sujeitos para analisar e dominar as situações do primeiro conjunto; **R é um conjunto de representações simbólicas** (linguagem natural, gráficos e diagramas, sentenças formais, etc.) que

podem ser usadas para indicar e representar esses invariantes e, conseqüentemente, representar as situações e os procedimentos para lidar com elas. (MOREIRA, 2002, p. 8-10, grifos nossos).

## A ESTRUTURAÇÃO DA NOSSA NARRATIVA

Com base nos balizadores apresentados na seção anterior, estruturou-se o texto que ora apresentamos, sob forma de narrativa ficcional, contendo os seis elementos estruturadores de Labov e tendo por núcleo do seu enredo temático a viagem de dois personagens, Isaac e Albert, os quais, a bordo da nave denominada IA1, partem da Terra rumo a Júpiter. Ao longo da narrativa, vamos inserindo os conjuntos S, I e R que, segundo Vergnaud, delineiam os conceitos de astronomia que pretendemos apresentar e construir.

A versão final do texto foi dividida em sete seções, sendo a primeira delas o *abstract* reproduzido a seguir.

### **Abstract**

A missão cumprida pelo primeiro astronauta brasileiro, em 2006, na Estação Espacial Internacional (ISS), se não impactou significativamente a pesquisa desenvolvida em nosso país, no campo aeroespacial, trouxe-nos, ao menos, para mais próximo de um seletíssimo clube de países que efetivaram a conquista do espaço. Tal conquista, ao contrário de outras que são iniciadas e conduzidas sem o conhecimento da população leiga, foi sempre um tema muito popular.

Desde a obra ficcional de Júlio Verne, “*Da Terra à Lua*”, publicada em 1865, aos seriados de TV, como “*Perdidos no Espaço*”, esse tema tem despertado interesse de grande parcela da população mundial, inclusive das pessoas que não dominam sequer os conceitos científicos mais elementares e pertinentes a ele.

No presente texto, empregaremos as leis de Newton para analisar algumas das diversas situações físicas que podem ser vivenciadas por astronautas durante uma viagem espacial.

### **O desenvolvimento da narrativa**

As demais seis seções que compõem o texto estão sumarizadas no Quadro 02 que se segue.

**Quadro 02:** Detalhamento dos elementos textuais da narrativa proposta.

<b>Elementos Estruturadores</b>	<b>Seções, Situações Físicas e Conceitos Abordados (Subseções)</b>
<b>ORIENTAÇÃO</b>	<b>Seção 2: Isaac e Albert partem da Terra rumo a Júpiter.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Obtenção da velocidade de escape de um planeta a partir da <i>Segunda Lei de Newton</i> e da <i>Lei da Gravitação universal</i>.</li> <li>• Comparação da <i>velocidade de escape</i> da Terra com a de outros planetas.</li> <li>• <i>Influência da massa</i> do veículo espacial a ser lançado.</li> <li>• <i>Veículos Lançadores de Foguetes (VLS)</i></li> <li>• Análise da posição, velocidade e aceleração de uma nave espacial em uma <i>condição real de lançamento</i> (Nave <i>Atlantis</i>, em 11/05/2009).</li> </ul>
<b>COMPLICAÇÃO</b>	<b>Seção 3: Isaac e Albert passam pela Estação Espacial Internacional (ISS) e observam o trabalho de alguns de seus tripulantes.</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O equipamento <i>Manned Maneuvering Unit</i> (unidade de manobra operada pelo astronauta ou, abreviadamente, MMU).</li> <li>• <i>Análise do movimento do centro de massa</i> de um astronauta que se move por meio de uma MMU.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Relação entre a <i>Terceira Lei de Newton</i> e o <i>Princípio de Conservação do Momento Linear</i>.</li> <li>• <i>Determinação do centro de massa</i> de um sistema de partículas.</li> <li>• <i>Problema de dois corpos</i>: análise do movimento de um sistema com duas massas conectadas entre si por uma mola, no vácuo e em <i>estado de imponderabilidade</i>.</li> <li>• Caracterização de <i>forças internas, externas, e impulsivas</i> à luz da conservação do momento linear.</li> <li>• <i>Estudo do movimento do centro de massa de um sistema de partículas</i>.</li> <li>• <i>O método da massa reduzida</i> de um sistema de partículas.</li> </ul>
	<b>Seção 4: O perigoso cinturão de asteroides</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Cálculo da propulsão</i> em sistemas de <i>massa variável</i> (foguete).</li> <li>• Distância percorrida e velocidade instantânea de um foguete.</li> <li>• Diálogo entre Isaac e Albert sobre <i>buracos negros</i>.</li> <li>• Estudo de uma <i>colisão bidimensional</i>.</li> <li>• A “<i>força de empuxo</i>” empregada nas áreas das engenharias aeronáutica e aeroespacial.</li> <li>• Propriedades físicas gerais de um <i>buraco negro</i>.</li> </ul>
	<b>Seção 5: Na volta à Terra, de três, uma!</b>
<b>AValiação</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Órbitas possíveis em um <i>campo de força central</i>.</li> <li>• Discussão das <i>concepções “operacional” e “formal” de peso</i>.</li> <li>• Caracterização do estado de imponderabilidade em face das <i>expressões polissêmicas</i> “gravidade zero”, “zero g”, etc.</li> <li>• Descrição da <i>órbita elíptica</i> e da <i>segunda lei de Kepler</i> a partir da <i>equação polar geral das cônicas</i>.</li> </ul>
	<b>Seção 6: Epílogo.</b>
<b>RESOLUÇÃO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A velocidade no <i>perigeu</i> e trajetórias possíveis.</li> <li>• <i>Satélites geoestacionários</i>.</li> </ul>
	<b>Seção 7: Aprofundamento.</b>
<b>CODA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Equações do movimento</i> de uma partícula em um campo de força central, expressas em <i>coordenadas polares</i>.</li> <li>• A relação entre a segunda lei de Kepler e o <i>momento angular</i> de uma partícula.</li> <li>• Obtenção da <i>segunda lei de Kepler</i> para uma <i>órbita elíptica</i>.</li> <li>• <i>Correção da expressão da terceira lei de Kepler</i> via <i>massa reduzida</i> do sistema.</li> <li>• <i>Medida da massa</i> de um astronauta em <i>órbita</i>.</li> <li>• Mecanismo para a <i>mudança de órbita</i>.</li> <li>• <i>Efeitos perturbadores</i> da órbita de satélites artificiais.</li> </ul>

Como parte da microestrutura das seções discriminadas no Quadro 02, em vários momentos da narrativa, abrimos espaço para que Isaac e Albert dialoguem, fazendo-o em tom bastante informal, quase caricato, no sentido de cativar a atenção do leitor e abrandar um pouco o rigor formal que é utilizado em outras partes do texto. Após o diálogo, propositalmente, faz-se uma quebra no texto narrativo e são inseridos **comentários**, os quais funcionam como o elemento estruturador **avaliação** proposto por Labov. Como ilustração dessa microestrutura, transcrevemos a seguir um excerto<sup>1</sup> da quarta seção de nossa narrativa.

<sup>1</sup> Inspirado, em parte, nos textos de Castiñeiras et al (2006) e de Damasio e Pacheco (2009).

### Um bate-papo sobre um “buraco” muito especial

Tendo incrementado a velocidade da nave IA1, mas respeitando os limites de “empuxo” e da taxa de exaustão de combustível que discutimos na subseção 3.1, Isaac e Albert ajustam o curso da nave rumo a Júpiter e acionam o seu “piloto automático”. Podem, enfim, dedicar-se a um assunto pelo qual compartilham o mesmo gosto: gravitação e cosmologia.



**Figura 01:** Isaac, uma representação artística de um buraco negro e Albert.

Fonte: Adaptado de: <http://www.billcigliano.com/images>.

Nesse contexto, Isaac e Albert passam a discutir algumas hipóteses acerca dos buracos negros (Figura 01), os quais foram propostos teoricamente por Oppenheimer e Snyder, em 1939. Embora tenha um conhecimento básico sobre este tema, Isaac sente-se inseguro quanto a certos conceitos relativos a ele e não hesita em obter de Albert algumas explicações, uma vez que este, ao contrário do colega de viagem, é especialista nesse campo.

- Albert, o que seriam os buracos negros?

• Bem Isaac, vejamos. Imagine uma região do espaço tal que a força atrativa gravitacional seja tão intensa que qualquer raio de luz que dela se aproxime seja “obrigado a descrever uma trajetória circular” e da qual nem matéria, nem radiação podem escapar e mais, com a qual, ou para a qual, não se poderia estabelecer qualquer tipo de comunicação, de qualquer espécie que seja... Esta região seria um buraco negro!

- Estranho Albert, muito estranho, não é mesmo?

• Sim, Isaac, de fato. As propriedades de tais estruturas do universo, digamos assim, fogem muito da nossa intuição ou do que “vemos” nos domínios da nossa física clássica e cotidiana. Tanto mais quando consideramos que o espaço e o tempo “encurvam-se” no campo gravitacional de corpos muito “massivos” (de grande massa) e que esta curvatura acentua-se enormemente nas vizinhanças de um buraco negro.

- E daí?! - pergunta Isaac.

- Ora, a gravidade afeta todos os sistemas físicos de maneira universal!

- Com isso, eu concordo, concordo mesmo! - intervém Isaac.

• Desse modo – prossegue Albert – as medidas que pudessem ser feitas com qualquer relógio, seja atômico ou biológico, como a pulsação do nosso coração, e com qualquer tipo de régua ou compasso, indicariam que o “tempo alentece”

(passa mais devagar) e que os comprimentos ficam “dilatados” nas vizinhanças de um buraco-negro.

- É, não sei não, Albert... Essa coisa de espaço e tempo relativos me deixa muito, muito desconfortável... Prefiro aqueles corpos celestes mais bem comportados e sujeitos ao tempo e espaço absolutos, para os quais basta a lei de força atrativa com o inverso do quadrado da distância e com ela as propriedades de tais corpos ficam muito bem determinadas...

- Sim, meu amigo, mas lembre-se de que, pensando apenas desta forma, até hoje você não conseguiu resolver o problema da *precessão do periélio da órbita de mercúrio*, não é mesmo?

- Tá, tá, tá certo – resmungo Isaac. Mas, e quanto à origem deles (dos buracos negros), qual seria?

- Até agora, segundo as previsões da Teoria da Relatividade Geral (TRG), o mais plausível é que eles correspondam à fase final da vida de algumas estrelas. Lembremos que uma estrela, durante toda a sua vida, está submetida a dois “esforços” contrários: a pressão térmica advinda do calor gerado pelas reações nucleares em seu interior, que as “empurra para fora”, e a sua própria gravidade, que tende a fazer com que se contraíam (Figura 02).



**Figura 02:** Sequência simplificada das etapas de formação de um buraco negro.

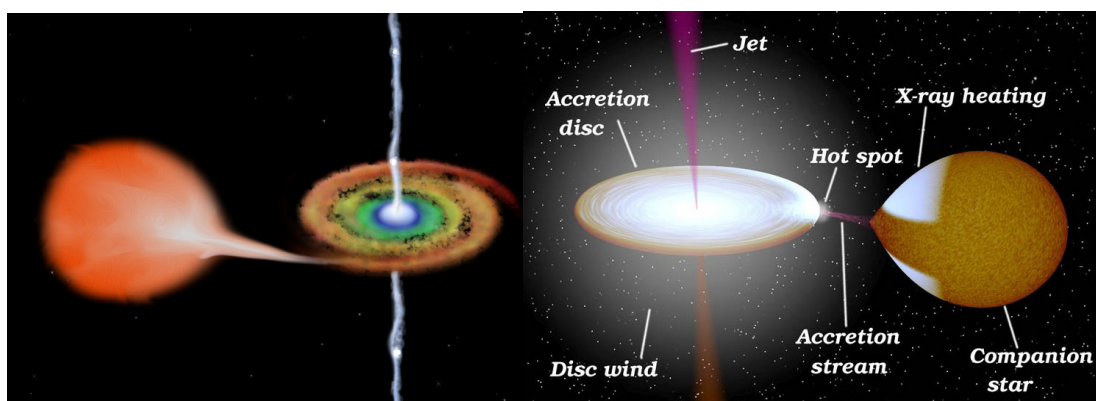
Fonte: <http://archive.ncsa.illinois.edu/Cyberia/NumRel/BlackHoleFormation.html>.

- Sim, parece razoável. Então, caro Albert, você está conjecturando que, em alguns casos, ao final da vida de determinadas estrelas, a força gravitacional acaba por vencer a “força centrífuga” gerada pela pressão térmica de seu interior e faz com que elas sofram um colapso gravitacional e reduzam drasticamente o seu diâmetro? – afirma e, ao mesmo tempo, pergunta Isaac, em tom eufórico.

- E quais são as estrelas mais qualificadas a se tornarem buracos negros?

- Aquelas cuja massa seja mais do que o triplo da massa do nosso Sol, afirma Albert categoricamente. Tem sido frequente, inclusive no centro da Via Láctea, a identificação de Sistemas Binários de Estrelas, podendo uma delas “ser” um buraco negro. O primeiro forte candidato foi localizado em Cygnus X-1. Trata-se de uma fonte variável de raios X, na constelação do Cisne, observada pela primeira vez em 1964.

- Neste caso (Figura 03), a *estrela supergigante* HDE 226868, com cerca de trinta massas solares, faria parte de um sistema duplo que contém também uma “estrela morta” (ou seja, que não emite luz por falta de combustível nuclear), com cerca de dez massas solares. A matéria da supergigante estaria sendo gradativamente “sugada”, formando-se, em decorrência, o que se chama “disco de acreção” ao redor da companheira invisível, o *suposto* buraco negro. Enquanto a estrela supergigante emite luz visível, a região interna do disco de acreção emite raios X, devido às altas temperaturas que atinge.



**Figura 03:** Sistema binário em que uma das estrelas comporta-se como um buraco negro em rotação.

Fontes: [http://chandra.harvard.edu/photo/2002/xtej1550/xtej1550\\_illustration.jpg](http://chandra.harvard.edu/photo/2002/xtej1550/xtej1550_illustration.jpg);  
[http://www.redorbit.com/modules/reflib/article\\_images/6\\_48ed76f36ff2f4ed0ad83a2296402965.jpg](http://www.redorbit.com/modules/reflib/article_images/6_48ed76f36ff2f4ed0ad83a2296402965.jpg).

• E quanto ao tamanho de um buraco negro – questiona Isaac - como calculá-lo? Ah!... Já sei! Basta admitir que o buraco-negro seja esférico, de raio  $R$ , tendo massa  $M$  igual a três vezes a massa do Sol e considerar o fato de que a própria luz, mesmo tendo a velocidade “ $c$ ” que tem, não consegue “escapar” do seu interior. Colocando-se tudo isso na expressão Eq.1 [apresentada na subseção 1.1], eu encontro o raio do “raio do buraco”, ou seja:

$$v = \sqrt{\frac{2GM}{R}} \xrightarrow{\text{Usando } v = c} R = \frac{2GM}{c^2} = \frac{2(6,7 \times 10^{-11})(3)(2,0 \times 10^{30})}{(3 \times 10^8)^2} \cong 9 \times 10^3 \text{ m}$$

• Incrível, Albert – continua Isaac, em um estado de êxtase pela descoberta feita - uma massa gigantesca e concentrada em uma superfície com apenas 9 km de raio! É isso, não é? O meu resultado está corretíssimo, não concorda Albert?

• Bem, Isaac, numericamente o seu resultado está correto. Este é um valor aceitável para o possível raio de um buraco negro e é denominado *Raio de Shwarzschild*, o qual definiria uma superfície esférica denominada *Horizonte de Eventos do buraco negro*; mas tenho que advertir: foi uma concordância “acidental”! A mecânica newtoniana, da qual, aliás, você gosta muito, assim como a Eq.1, decorrente dela, não é aplicável em tais contextos. O valor que você encontrou é calculado de modo conceitualmente correto mediante a aplicação do formalismo da TRG, *que é bem mais sofisticado que o das leis de Newton* – provoca Albert.

• E apoiado em muitas, muitas e muitas conjecturas, não é mesmo Albert? - retruca Isaac, lançando para o amigo um olhar bem ao estilo newtoniano...



 **Comentários**

1 – A especulação sobre a existência de corpos celestes com propriedades semelhantes às atualmente atribuídas aos buracos negros é antiga. Em novembro de 1783, perante a Sociedade Real Britânica, em Londres, o astrônomo e geólogo inglês John Michell chamou a atenção para o fato de que certas estrelas, densas o bastante para que as suas velocidades de escape superassem a velocidade da luz, não poderiam ser vistas a distância. Nesses casos, apenas aqueles observadores próximos o suficiente de sua superfície seriam capazes de receber a luz por elas emitida.

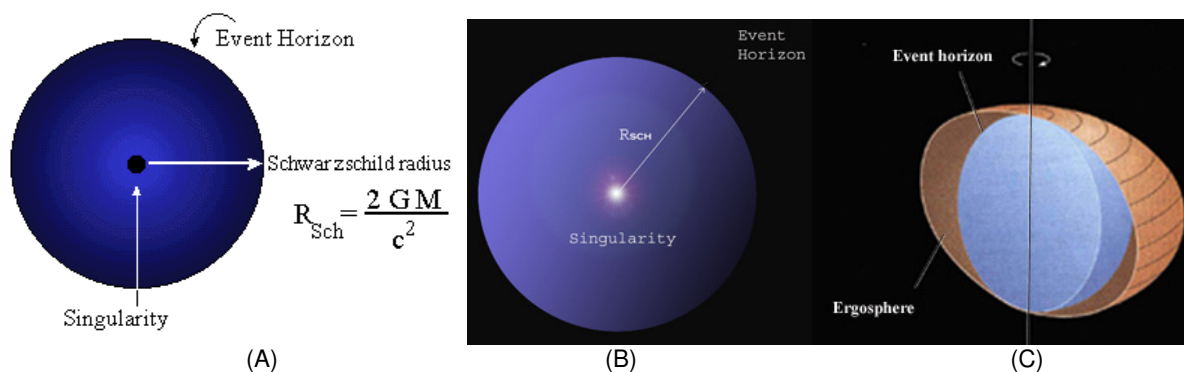


**Figura 04:** Da esquerda para a direita: Einstein, Hideki Yukawa, John Wheeler e Homi Bhabha.

Fonte: <http://www.princeton.edu/main/news/archive/S20/82/08G771>.

Anos mais tarde, em seu livro *Exposição do Sistema do Mundo*, o grande matemático, físico e astrônomo francês, Pierre Simon Laplace, denominou-as “estrelas escuras”. O termo “buraco negro” foi cunhado, em 1967, pelo físico americano e colaborador de Einstein, John Wheeler (Figura 04).

2 – Ao contrário das intrigantes propriedades que apresentam os buracos negros, a sua estrutura, sejam eles estacionários ou dotados de rotação, é muito singela, como ilustra a Figura 05.



**Figura 05:** (A) O raio de Schwarzschild. (B) Estrutura de um buraco negro sem rotação. (C) Estrutura de um buraco negro com rotação.

Fonte: [http://www.astro.cornell.edu/academics/courses/astro201/images/bh\\_structure.gif](http://www.astro.cornell.edu/academics/courses/astro201/images/bh_structure.gif).

Nesse modelo, admite-se que todo buraco negro possui uma “fronteira de não-retorno”, a qual o “delimita” e que foi denominada, na década de 1950, pelo físico anglo-americano Wolfgang Rindler, de *horizonte de eventos*. O termo sugere uma analogia com a situação vivida por marinheiros em alto mar, os quais não podem ver o que se passa além do horizonte terrestre; assim, analogamente, astronautas externos ao buraco negro não poderiam observar o que se passa dentro dele. O raio dessa fronteira é o raio de Shwarzschild (Figura 05-A).

Quanto ao “interior” dos limites definidos pelo horizonte de eventos, ali haveria uma região do espaço-tempo de curvatura infinita, usualmente denominada *singularidade* (Figura 05-B), apresentando volume ínfimo e densidade de energia com tal magnitude que, em tal região, a própria TRG seria insustentável; o seu estudo requeria, então, uma teoria de *gravitação quântica*, ainda por ser desenvolvida plenamente. A TRG estabelece, também, que os buracos negros com rotação devem “arrastar o espaço-tempo” no sentido desta. Isso implica a existência de outra região notável, externa ao horizonte de eventos, chamada *ergosfera* (Figura 05-C), que se assemelharia a um “redemoinho cósmico irresistível”. Dentro dela, tudo, até mesmo a luz, é “obrigado a rodar” no sentido da rotação do buraco.

## PRIMEIROS RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Um dos aspectos mais fascinantes do conhecimento científico é a possibilidade que ele nos proporciona de identificar regularidades e, a partir delas, fazer previsões. Isso pode ser visto como uma forma de poder sobre os acontecimentos e, por que não, sobre outras pessoas. Esse foi, inegavelmente, ao longo de muitos séculos, um dos motores para a exaustiva observação astronômica feita na antiguidade, o que qualifica a astronomia como o berço da atividade científica.

Ainda que tal qualificação seja amplamente reconhecida e admitida, o ensino dos *saberes* acumulados por essa área do conhecimento parece ainda não fazer jus à sua importância. Muitos trabalhos de pesquisa sobre o ensino de (e a educação em) astronomia têm sido publicados, notadamente no ainda recente, mas promissor, Simpósio Nacional de Educação em Astronomia (SNEA). Entretanto, essa diversificada produção acadêmica ainda não encontra apreciável ressonância nas aulas de física básica de muitos dos nossos cursos de graduação, em Física inclusive, algo que já nos apontavam Bretones (1999) e Bretones e Megid Neto (2005).

O texto ficcional *Isaac e Albert Perdidos no Espaço*, descrito neste trabalho, foi utilizado, no segundo semestre de 2011, por alunos de Física – Licenciatura e Engenharia Florestal de uma instituição federal de ensino, como recurso didático de apoio à disciplina Física Geral I, logo após a apresentação das leis de Newton, conforme o livro-texto para ela adotado.

Inicialmente, apresentamos aos estudantes o nosso texto ficcional, solicitando deles uma primeira leitura exploratória, feita em duplas, e que, também, anotassem as dificuldades de compreensão encontradas nessa primeira leitura. Em um segundo momento, em seis aulas consecutivas, retomamos cada uma das seções em que se subdivide o texto e discutimos com os alunos as dúvidas que relataram, buscando esclarecer os aspectos conceitualmente mais difíceis abordados no texto (Quadro 02).

Por fim, na sétima aula destinada à exploração do nosso texto, abrimos espaço para que os estudantes, assumindo a condição de leitores de uma obra ficcional, opinassem livremente sobre indicadores relativos ao enredo que demos à trama, ao grau de acessibilidade vocabular do texto e, também, quanto ao nível de dificuldade do formalismo matemático nele empregado.

Sobre esse último indicador, algo que já esperávamos, cerca de metade dos alunos considerou que as manipulações algébricas envolvendo o cálculo diferencial e integral “estavam muito puxadas”, no seu próprio dizer.

Por outro lado, os dois primeiros indicadores obtiveram apontamentos bastante positivos, gerando afirmações como “A estória foi bem bolada e prendeu a atenção até o final”, e ainda: “Professor, o senhor vai escrever outro texto *pra* gente estudar as outras matérias de Física I também”?

Embora sejam estes aqui relatados somente os primeiros passos de uma árdua caminhada, esta de buscarmos, audaciosamente diríamos, alternativas para a didatização de certos componentes curriculares do ensino de ciências, encontramos, em relatos como seguinte, eco e estímulo para empreendê-la:

Em 1º de Setembro de 1999 os alunos da equipe brasileira estavam no Observatório Astrofísico da Criméia, Ucrânia, para participarem da IV Olimpíada Internacional de Astronomia. Durante a noite estávamos todos observando o céu, pois afinal aquele céu era diferente do nosso aqui do Brasil. A Ucrânia fica no hemisfério Norte e de lá, portanto, estávamos observando o pólo celeste Norte. De repente o estudante Paulo Júlio O'Rely de Souza Pedrosa exclamou: - Canalle! Veja! As estrelas aqui estão girando pro lado errado! O Paulo tinha observado que lá as estrelas estavam girando ao redor do pólo celeste Norte, mas no sentido anti-horário, enquanto que do Brasil, quando olhamos para o Cruzeiro do Sul, as estrelas giram ao redor do pólo celeste Sul, no sentido horário! (SAB, 2004, p. 5).

Afinal, assim acreditamos, a educação em astronomia pode despertar no jovem, das séries iniciais, como ilustra o depoimento acima, ao nível superior de ensino, o “olhar científico” sobre o mundo que o cerca e, no segundo caso, contribuir sobremaneira para que a linguagem, os modelos e o fazer científico sejam por ele incorporados em sua futura carreira profissional, qualquer que venha a escolher.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROSO, M. F.; BORGIO, I. Jornada no Sistema Solar. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 2, 2010.

BRETONES, P. S. **Disciplinas introdutórias e Astronomia nos cursos superiores do Brasil**. 1999. 187f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

BRETONES, P. S.; MEGID NETO, J. Tendências de Teses e Dissertações sobre Educação em Astronomia no Brasil. **Boletim da Sociedade Astronômica Brasileira**, v. 24, n. 2, 2005.

CASTIÑEIRAS, J.; CRISPINO, L.; MATSAS, G.; VANZELLA, D. O retrato do monstrengo. **Scientific American Brasil**, p. 32-39, maio 2006. Edição Especial.

DAMASIO, F.; PACHECO, S. M. V. Buracos nem tão negros assim. **A Física na Escola**, v. 10, n. 1, 2009.

ECO, U. **Sobre o espelho e outros ensaios**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1989.

FORATO, T. C. DE M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. DE A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, 2011.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of Physics**. Nova York: John Wiley & sons, 1994.

LAKATOS, I. History of Science and Its Rational Reconstruction, in J. Worrall and G. Currie (eds.) **The Methodology of Scientific Research Programmes**. Cambridge: Cambridge University Press, 1978.

LANGHI, R. Educação em Astronomia: da revisão bibliográfica sobre concepções alternativas à necessidade de uma ação nacional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 2, 2011.

MARCHI, F.; LEITE, C. uma análise das potencialidades de um livro de literatura científica para o ensino de astronomia. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE EDUCAÇÃO EM ASTRONOMIA, 2011, Rio de Janeiro. **Atas**. Rio de Janeiro: SAB, 2011.

MATHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, 1995.

MOREIRA, M. A. A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o ensino de ciências e a pesquisa nesta área. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 1, 2002.

PEDROCHI, F.; NEVES, M. C. D. Concepções astronômicas de estudantes no ensino superior. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 2, 2005.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção Científica e Ensino de Ciências: para além do método de encontrar erros em filmes. **Educação e Pesquisa**, v. 35, n. 3, 2009.

RIBEIRO, R. M. L. **Uma análise do potencial das narrativas no ensino de ciências**. 2000. 100f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Educação, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

RIBEIRO, R. M. L.; MARTINS, I. O Potencial das Narrativas como Recurso para o Ensino de Ciências: uma análise em livros didáticos de Física. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 3, 2007.

SOCIEDADE ASTRONÔMICA BRASILEIRA. **VII Olimpíada Brasileira de Astronomia**, 2004. Disponível em: <[www.oba.org.br/downloads/gab\\_n3\\_7oba.doc](http://www.oba.org.br/downloads/gab_n3_7oba.doc)>. Acesso em: 31 mar. 2012.

YOUNG, H. D.; GELLER, R. M. **Sears & Zemansky's College Physics**. São Francisco: Pearson/Addison Wesley, 2006.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education – part 1. **Physics Education**, v. 14, 1979.