



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**MÓDULO DE ENSINO DE
MECÂNICA NEWTONIANA COM USO DE
ABORDAGEM CTS - HISTÓRICA**

RÓBER CARLOS BARBOSA DUARTE

BRASÍLIA – DF

**Agosto
2006**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação

Instituto de Física

Instituto de Química

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS**

**MÓDULO DE ENSINO DE
MECÂNICA NEWTONIANA COM USO DE
ABORDAGEM CTS - HISTÓRICA**

RÓBER CARLOS BARBOSA DUARTE

Dissertação realizada sob orientação da Prof^a. Dr^a. Erika Zimmermann e apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

BRASÍLIA – DF

**Agosto
2006**

FOLHA DE APROVAÇÃO

RÓBER CARLOS BARBOSA DUARTE

Módulo de Ensino de Mecânica Newtoniana com uso de abordagem CTS - Histórica

Dissertação apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília.

Aprovada em 20 de agosto de 2006.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dr.^a Erika Zimmermann – Orientadora
(Presidente)

Prof. Dr. Wildson Luiz Pereira dos Santos
(Membro interno – PPGEC/UnB)

Prof. Dr. Sérgio Luiz Garavelli
(Membro externo – Universidade Católica de Brasília)

Prof.^a Dr.^a Maria de Fátima da Silva Lettere
(Suplente – Universidade de Brasília)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida, da paternidade e da aprendizagem.

A Cátia, minha esposa, com amor e Carolina, minha mãe, com carinho, pelo apoio, tolerância e compreensão neste período de estudos.

A Erika Zimmermann, minha orientadora, com admiração, pela paciência e dedicação com que, através desta pesquisa me fez enxergar novos rumos para o ensino de Física.

Aos membros da Comissão Examinadora, pelo empenho, leitura e crítica deste trabalho e dos CDs que o acompanha.

A todos que contribuíram para a implantação do Mestrado Profissionalizante em Ensino de Ciências, pela grande melhoria do ensino de Física e Química, que certamente virá.

Aos professores da Pós Graduação em Ensino de Ciências, pela mestria e compromisso com que conduziram as disciplinas que tanto nos instruíram.

Aos professores de Física, sujeitos desta pesquisa, pelo tempo dedicado e vontade de contribuir para uma melhoria na qualidade do ensino desta disciplina.

Aos colegas Ângela, Maíra, Leila, Jairo e Cláudia, pela qualidade das opiniões que tanto influenciaram esta pesquisa.

Aos colegas do Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências, pelos momentos de aprendizagem que tivemos juntos.

A todos os parentes, amigos e colegas de trabalho que de alguma forma contribuíram para a realização desta pesquisa.

Ao Júnior, e aos demais funcionários da secretaria do instituto de Química, pela solicitude nos atendimentos e a tantos outros que de alguma forma contribuíram para esse trabalho.

RESUMO

Este trabalho foi motivado por uma crença na possibilidade de redução das dificuldades enfrentadas por alunos do primeiro ano do Ensino Médio para aprender Mecânica Newtoniana. Com base na idéia de que as abordagens CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e HFS (História, Filosofia e Sociologia da Ciência) contribuem para o aprendizado de ciências, foi criada uma abordagem com elementos presentes nas duas, qual seja, CTS-Histórica, e a partir dela foi produzido um material didático. Chamamos este material de Módulo de Ensino, o organizamos em dois CDs com apresentações em *Power Point* e em dois textos de apoio e produzimos um manual para o professor. O objetivo principal deste trabalho é desenvolver um material que, a partir de um contexto social e histórico, auxilie professores de Física a ensinar Mecânica Clássica. Para tanto, usou-se o tema gerador “Satélites” para a construção do Módulo e trabalhou-se os conceitos Físicos inerentes à questão. As apresentações em CD começam com o conceito de satélites, suas funções e tipos. Para que os alunos entendam como essas máquinas são colocadas em órbita, há necessidade de um embasamento com a Teoria da Gravitação Universal. Isto é feito ainda no CD 01 com o uso da história da ciência, desde a Física aristotélica, passando pelos trabalhos de Tycho Brahe, Kepler e Galileu, até a Mecânica Newtoniana. O segundo CD contextualiza historicamente a invenção dos satélites, abordando a Revolução Russa, a Primeira e a Segunda Guerra Mundial e, finalmente, a Guerra Fria quando ocorreu, na corrida espacial, a invenção dos primeiros satélites. A apresentação neste CD termina com a queda do Muro de Berlim e o fim da União Soviética. Ambos os CDs propõem contextualização e interdisciplinaridade. Uma vez pronto este material didático, surgiu a necessidade de se avaliar o impacto que ele causaria no ensino de Física. Para tanto, dois professores dessa disciplina receberam o Módulo para avaliação. A coleta de dados para a pesquisa foi feita com utilização de uma entrevista semi-estruturada. A avaliação dos professores sinalizou uma boa aceitação do Módulo de Ensino e a existência da intenção de levá-lo para a sala de aula. Os professores entrevistados também apresentaram algumas sugestões para o material, bem como outras formas de usá-lo.

Palavras-chave: Ensino de Física; material didático; contextualização tecnológica, histórica e social.

ABSTRACT

This work was motivated by my will of doing something that could reduce the difficulties faced by students of first year of high school in learning Newtonian Mechanics. Based upon the idea that CTS and HFS approaches contribute to the learning of science, it was created an approach containing elements of both, which is called, CTS-Historic approach. By the use of this approach, it was produced a didactic material. This didactic material consisted of two CDs - with Power Point presentations - two support texts, and even a manual for the teacher. The main point was, by means of a social and historical context, to help Physics teachers to teach Classical Mechanics. In order to match this aim, a key issue, which was called *Satellites*, was used to make the CDs and to work some Physics concepts inherent to the question. The presentations begin with a concept of satellites, including its functions and types. In order to make students to learn how those machines are put in orbit, it was necessary to give them the principles of the Universal Law of Gravitation. This was contemplated in CD1 by an explanation of the history of science; from Aristotelian Physics, passing by the works of Tycho Brahe, Kepler and Galileo, until Newtonian Mechanics. CD2 promotes a discussion over the invention of the satellites, considering its history by giving explanations about the Russian Revolution, First and Second World War and also the Cold War – in which took place the Space Race, which led to the invention of the first satellites. This CD presentation finishes with the fall of the Berlin Wall and the end of the Soviet Union. Both CDs propose contextualization and interdisciplinarity. Once this didactic material was ready, the will to know the impact it would provoke, arose. In order to match this, two Physics teachers received this material and analyzed it. The data collection for this research was based on a semi-structured interview. The evaluation of the teachers signed that the material had a good acceptance and showed their intention of taking it to the classroom. The teachers also made some suggestions for the material and proposed other ways to use it.

WORD-KEYS: Physics Teaching, didactic material, technological, historical and social contextualization.

SUMÁRIO

Introdução	
Estrutura desta Dissertação.....	09
Capítulo 1	
A opção pelo ensino e pesquisa.....	12
1.1. A vida escolar do autor.....	12
1.2. A decisão pela licenciatura em Física como início da maturidade profissional.....	14
1.3. A incompleta satisfação com a aprendizagem dos alunos como motivação de nosso trabalho.....	15
Capítulo 2	
Abordagem Metodológica.....	19
Capítulo 3	
Fundamentação Teórica.....	25
3.1. A crise no Ensino Científico.....	25
3.2. História da Ciência e o Ensino de Ciências.....	27
3.2.1. Abordagem Histórica no Ensino de Ciências.....	31
3.2.2. Paralelo entre Produção Individual e Histórica da Ciência.....	31
3.2.3. Pressupostos para utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências.....	32
3.2.4. Críticas à utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências.....	34
3.2.5. Abordagem Filosófica no uso da História da Ciência no Ensino de Ciências.....	37
3.2.6. História da Ciência e o Ensino da Física.....	38
3.3. Abordagem CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade).....	39
3.3.1. Ensino de Ciências e Cidadania.....	45
Capítulo 4	
Construção do Módulo de Ensino.....	48
Capítulo 5	
Avaliação do Módulo.....	55
Capítulo 6	
Considerações finais.....	63
Referências bibliográficas	67
Apêndice A	
Textos do CD 01.....	73
Satélites.....	74

Apêndice B	
Textos do CD 02.....	111
Contexto histórico da construção dos primeiros satélites.....	112
Apêndice C	
Sugestões para o professor.....	143
Sugestões para o professor.....	144
Sugestões para uso dos slides da <i>Apresentação “1 – Satélites”</i>	146
Sugestões para uso dos slides da <i>Apresentação “2 – Como se coloca um satélites em órbita – de Aristóteles a Kepler”</i>	150
Sugestões para uso dos slides da <i>Apresentação “3 – Como colocar um satélite em órbita – Galileu”</i>	155
Sugestões para uso dos slides da <i>Apresentação “4 - Como colocar um satélite em órbita – Newton”</i>	158
Sugestões para uso dos slides da <i>Apresentação “5 - Contexto histórico da invenção dos satélites”</i>	162
Apêndice D	
Slides.....	165
Slides da apresentação 1 – Satélites: CD – 01.....	166
Slides da apresentação 2 - Como colocar um satélite em órbita - de Aristóteles a Kepler: CD – 01.....	173
Slides da apresentação 3 - Como colocar um satélite em órbita – Galileu: CD – 01.....	185
Slides da apresentação 4 - Como colocar um satélite em órbita – Newton: CD – 01.....	194
Slides da apresentação 5 - Contexto histórico da construção dos primeiros satélites: CD – 02.....	205

Introdução

Estrutura desta Dissertação

Este trabalho de dissertação é a síntese de uma pesquisa organizada e empreendida para obtenção de título de Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física. É próprio desse tipo de mestrado fornecer um instrumento prático que contribua para a melhoria do ambiente profissional em que o mestrando está inserido, no nosso caso, para contribuir com o ensino de Física (UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, 2006). Portanto, propusemos para este trabalho a produção de um material didático em forma de texto (Apêndices 01 e 02) e de CDs com objetivo de auxiliar o professor em suas aulas de Mecânica Newtoniana.

Esta dissertação é dividida em seis capítulos que são repartidos entre escolha da pesquisa, metodologia utilizada, aporte teórico, construção dos CDs, avaliação do material por professores de Física do Ensino Médio e, por fim, as considerações finais.

O primeiro capítulo discute o caminho trilhado pelo pesquisador, começando pelo início de sua vida escolar, passando por sua opção pelo magistério, pelo mestrado no ensino de Física e chegando às idéias que o levaram a este trabalho.

O capítulo dois trata da abordagem metodológica tanto para a organização do material didático quanto para sua avaliação. Portanto, neste capítulo são discutidos a justificativa, o problema e os objetivos desta pesquisa.

O terceiro capítulo foi reservado para a fundamentação teórica do trabalho. Para tanto, como se verá, muitos esforços foram investidos em estudar as diversas abordagens para o ensino de ciências, várias pesquisas que usam essas abordagens, suas vantagens e desvantagens. Em outras palavras, este capítulo

mostra os estudos feitos sobre metodologia de ensino de Física usando abordagem Histórica e abordagem CTS, que, a nosso ver, claramente engloba a história. Este estudo mostra a necessidade de usar esses tipos de abordagens para facilitar a aprendizagem dos conceitos científicos. Nosso objetivo primeiro era facilitar a aprendizagem das Leis de Newton, pois a literatura mostra claramente a dificuldade de aprendizagem dessas Leis (TALIM, 1999; PACCA, 1991). Cabe ainda ressaltar que para organizar essa dissertação foram também realizadas pesquisas bibliográficas, não só sobre História da Ciência, mas também História Geral como forma de contextualização.

O capítulo quatro mostra como foram construídos os CDs e como eles são estruturados. Todo o processo de construção, do planejamento à organização e ao acabamento é descrito neste capítulo. O caminho que levou ao nosso problema de pesquisa, a escolha do tipo de abordagem e a opção pelo tema gerador – satélites – para a produção dos CDs também são discutidos neste capítulo. É bom lembrar que as instruções e sugestões de uso dos CDs podem ser encontradas no Apêndice 03 – *Sugestões para o professor*.

Uma vez prontos, os CDs foram submetidos a análises de professores de Física. A análise da entrevista feita a estes professores é assunto do capítulo cinco. Será descrito também neste capítulo o tipo de entrevista adotada.

A análise que fizemos da entrevista nos remeteu às considerações finais que são discutidas no capítulo seis. Portanto, são discutidas as potencialidades e limitações do uso do material didático apresentado neste trabalho. Toda essa discussão, os comentários finais e sugestões para outros trabalhos compõem o sexto capítulo, que é concluído com a proposição de sugestões para futuras pesquisas, por meio do levantamento de novos questionamentos.

Como vimos, este trabalho relata o planejamento, a construção e a avaliação de um *Módulo de Ensino com abordagem CTS - Histórica* para ensinar Mecânica Newtoniana. O capítulo que se segue contextualiza o trabalho do pesquisador. É importante conhecer um pouco de sua história de vida, pois através dela o leitor pode compreender o contexto de onde surgiu o problema e a hipótese de pesquisa.

Capítulo 1

A opção pelo ensino e pesquisa

1.1. A vida escolar do autor

O desenvolvimento da minha vontade de ensinar Física e do desejo de me tornar um pesquisador na área de ensino se confunde com minha história como estudante. O gosto pelo ensino surgiu ainda quando cursava o ensino básico em escolas públicas do Distrito Federal. O Ensino Fundamental e Médio foram cursados paralelamente aos trabalhos agropecuários, fonte de renda de minha família. Apesar da pouca escolaridade de meus pais, eles sempre incentivaram meus estudos, considerando-os prioridade sobre os trabalhos que provinham nossa sobrevivência.

Nos primeiros anos da minha vida escolar, os professores me consideravam um aluno interessado, curioso e dedicado, uma criança que sentia muito prazer em aprender. A partir da 5ª série do Ensino Fundamental comecei a sentir dificuldades em algumas disciplinas, principalmente em Matemática. Não conseguia identificar a lógica dos cálculos que devia fazer, nem sua relação com algo que fizesse parte do meu conhecimento, isto é, o que precisava aprender não tinha nenhum significado para mim. Eu também não satisfazia as expectativas dos professores, ou seja, não conseguia repetir em provas o que eles haviam apresentado nas aulas. Foi então que pela primeira vez experimentei o desinteresse e o fracasso escolar, que me acompanhariam até o fim do Ensino Fundamental e em parte do Ensino Médio. Sentia-me, neste período, uma pessoa incapaz de aprender Matemática como os outros alunos de minha idade. Não considero hoje que tenha cursado

adequadamente o Ensino Fundamental, mas consegui concluí-lo. “Arrastei-me” até o final do curso, apesar de reprovações em duas séries, na quinta e na sétima.

No final da oitava série, “motivado” pelos estudos para mais uma prova de recuperação, comecei, pela primeira vez, a perceber alguma clareza e lógica nos conhecimentos de Geometria Plana e Trigonometria. A nota do exame final não foi maior que o mínimo necessário para a aprovação (como sempre ocorria quando passava a alguma série seguinte), mas possibilitou-me a entrada no Ensino Médio.

Em uma nova oportunidade de estudar Geometria Plana, no primeiro ano do antigo segundo grau, senti, de início, algumas dificuldades. O que se tornou muito útil neste momento foi a experiência que eu havia tido no final da oitava série (de sentir alguma segurança em aprender Matemática). Esta experiência ajudou-me a superar as dificuldades. Em atividades como tentativas bem sucedidas de refazer exercícios resolvidos nos livros didáticos, senti-me capaz de aprender, e minhas dificuldades começaram a diminuir. Passei a lembrar como era a satisfação da aprendizagem que havia experimentado nas séries iniciais do Ensino Fundamental. Acredito que neste momento só outra satisfação se comparava a esta: o prazer de ensinar a colegas, em grupos de estudos, o que havia aprendido. Foi assim que comecei a entender o prazer de ensinar. O ensino significou para mim naquele momento, muito mais que uma atividade prazerosa, talvez tenha sido um divisor de águas entre o aluno “problema” e o aluno “regular”, entre o fracasso e a normalidade. Meu desempenho escolar passou a ser, a partir do primeiro ano, melhor que o mínimo exigido para ser aprovado, e o “fantasma” da reprovação começou a fazer parte do passado.

A Física provavelmente era, neste momento, a disciplina que meus colegas e eu tínhamos mais dificuldade e para mim tornou-se um desafio. Se eu conseguia

aprender Matemática, por que seria diferente com a Física? O desafio foi vencido com ajuda de colegas que me levaram a gostar da disciplina. No entanto, melhor que aprender foi a satisfação de ajudar outras pessoas a fazer o mesmo. A paixão por ensinar Física, adquirida nesta época, me acompanha até os dias de hoje.

Ainda no Ensino Médio, alguns problemas como a morte de meu pai em um acidente de trabalho, forçaram minha mudança para uma escola mais próxima de casa. Neste estabelecimento de ensino tive a oportunidade de estudar ao lado de pessoas com dificuldades de aprendizagem que eu conhecia muito bem. Comecei a organizar grupos de estudos em uma sala vazia da escola e lecionar aulas (planejadas com antecedência) de Física, Química e Matemática. Essas aulas começaram a fazer sucesso de tal forma que a sala começou a ficar cheia inclusive com alunos de outras turmas. O resultado que tais aulas alcançavam levou-me a crer, em um pensamento típico da adolescência, que era capaz de resolver todos os problemas de aprendizagem, de qualquer pessoa. Hoje percebo que a maior motivação de meus colegas em assistir minhas aulas não era por estas serem tão boas, mas provavelmente o sucesso deveu-se muito mais ao desejo que possuíam de serem aprovados. Dito de outra forma, era o medo da reprovação que acabava levando essas pessoas a uma disposição para o estudo. De qualquer forma, o gosto pela aprendizagem e pelo ensino estimulou meu desejo de prosseguir os estudos.

1.2. A decisão pela licenciatura em Física como início da maturidade profissional

A empolgação surgida a partir de minha capacidade de aprender e ensinar, somada ao fato da atividade agropecuária já não ser mais a única fonte de renda de minha família, possibilitou-me almejar um curso superior. Minha escolha não podia

ser outra: o magistério. Eu não tinha dúvidas, queria ser professor. Sabia (e tinha razão) que seria feliz nessa profissão. A opção pela licenciatura em Física foi estimulada por esta ser a disciplina que mais gostava de aprender e ensinar.

Como havia tido dificuldades de aprendizagem e encontrado o caminho para superá-las, acreditava saber a forma que conduziria a um ensino eficaz. Alimentava uma crença que todos os problemas do ensino de Física poderiam ser sanados com “boas explicações” da matéria e com alguns experimentos ilustrativos dos fenômenos. Esta crença continuava ganhando força a cada vez que tinha uma nova oportunidade de ensinar Física a meus colegas da Universidade. Essa aparente facilidade em ensinar era reforçada com “bons resultados” de minhas aulas que, mais uma vez, funcionavam bem para colegas com medo de reprovação, colegas que de alguma forma estavam com grande disposição para se enquadrarem no sistema educacional. Em situações não idênticas a estas, meu sucesso como professor não era tão grande.

O engano foi percebido mesmo antes do fim da graduação, por meio de experiências como professor das séries iniciais e finais do Ensino Fundamental. Ensinar Física e Ciências era mais complicado do que imaginava e isso era um novo desafio a ser vencido. Passei então a desejar uma pós-graduação como saída para alcançar a satisfação pessoal de ensinar Física com eficácia.

1.3. A incompleta satisfação com a aprendizagem dos alunos como motivação de nosso trabalho

Terminada a graduação e trabalhando como professor de Física no Ensino Médio, comecei a buscar, na formação continuada, meios de melhorar minha prática pedagógica. Procurava dar à Física um tratamento diferente da forma

excessivamente matemática, fria e descontextualizada abordada em muitos livros didáticos.

Os estudos (leituras e cursos de formação continuada) realizados após a conclusão da graduação conduziram-me a reflexões importantes e foram muito úteis para uso em sala de aula. Não estando completamente satisfeito com tais estudos, desejei ingressar num mestrado em Ensino de Física e busquei novamente a Universidade.

No Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências, as disciplinas ajudaram-me a ver outros horizontes, mas eu ainda não tinha clareza sobre o foco da minha pesquisa. Optei por trabalhar com as Leis de Newton pela facilidade em obter exemplos de aplicação no cotidiano e pela dificuldade dos alunos em aprendê-las, mas a pesquisa que pretendia fazer era ainda obscura.

Cursando as disciplinas, tive contato com a linha de pesquisa História e Filosofia da Ciência (HFS) no Ensino de Ciências (ver cap. 3) que me pareceu interessante para ensinar as Leis de Newton. Foi querendo que os alunos entendessem essas Leis que minha orientadora e eu percebemos que a História da Ciência poderia ser uma saída. Ao começar a escrever sobre as Leis de Newton em uma abordagem Histórica e lendo vários artigos da área, começamos a perceber a importância, não só da abordagem histórica, mas para além dela, ou seja, percebemos a importância de uma abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) (ver cap. 3). Observamos a importância não só da contextualização histórica, mas da contextualização social, ou sócio-histórica, uma vez que encontramos inúmeras aplicações da mecânica newtoniana em diversas produções tecnológicas que influenciam direta ou indiretamente a vida dos cidadãos.

Procurando delimitar a pesquisa, começamos a perceber também a impossibilidade de dar um tratamento histórico e isolado às Leis de Newton, uma vez que estas estavam inseridas num contexto maior, envolvendo uma infinidade de outros conceitos. Este era apenas um dos problemas que, somado ao fato de existirem muitos livros no mercado sobre História da Mecânica, levou-nos a mudar os rumos de nossa pesquisa.

Com relação à idéia inicial de se trabalhar com o ensino das Leis de Newton numa abordagem histórica, as principais mudanças no projeto foram duas: 1ª) a opção de trabalhar não só com as Leis de Newton, mas com boa parte da Mecânica Clássica, com enfoque na Gravitação Universal e 2ª) a escolha da linha de pesquisa que denominamos aqui de CTS-Histórica, que engloba tanto elementos de CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) como também de HFS (História, Filosofia e Sociologia da Ciência).

Outro argumento utilizado por nós, que justifica a inserção de história da ciência numa abordagem CTS, se deve ao fato de que cada uma dessas linhas se propõe a fazer. Na literatura sobre a abordagem CTS no ensino, observamos a importância de uma visão sobre a natureza da ciência no processo de tomada de decisões (SANTOS & SCHNETZLER, 2003). Com relação a este ponto, julgamos importante a inclusão na pesquisa de elementos de História e Filosofia da Ciência, uma vez que conclusões de pesquisas nesta área dizem que o aluno adquire uma visão de como a ciência é construída, quando a estuda por meio de sua história (BARRA, 1993; CULPANI, 1989; DANHONI, 1992; HARRES, 2002; MARTINS, 1990; MATTHEWS, 1995; PEDUZZI, 1996; PEDUZZI, 2001; SCHMITZ & CARVALHO, 1992). Daí surgiu a idéia de elaborarmos material didático sobre Gravitação

Universal e Leis de Newton (como será descrito posteriormente) com abordagem CTS-Histórica.

Foi, portanto a partir da percepção de que ensinar não é trivial, como pensava ser, que surgiu a motivação para esta pesquisa. No trabalho em sala de Física pudemos observar as dificuldades de aprendizagem dos alunos (também apontadas na literatura), notadamente em Mecânica Newtoniana. De posse deste problema, julgamos relevante desenvolver um trabalho que pudesse contribuir para a melhoria da aprendizagem dos alunos nesta área do conhecimento.

Capítulo 2

Abordagem Metodológica

Pesquisas têm mostrado que os alunos do Ensino Médio possuem dificuldades para entender as Leis de Newton (TALIM, 1999; PACCA, 1991). Foi pensando nesse problema que desenvolvemos o presente trabalho acreditando-se que uma abordagem CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade) com elementos de HFS (História, Filosofia e Sociologia da Ciência, ver capítulo 3) poderia facilitar a aprendizagem dessas Leis e, nesse caso, até mesmo da Gravitação Universal.

Iniciamos este trabalho pensando em planejar ferramentas que pudessem auxiliar os alunos a aprenderem as Leis de Newton e acabamos por estudar profundamente a História da Ciência para entender como Newton chegou às suas Leis. Percebemos que elas não estavam ligadas entre si e que, historicamente, as três Leis faziam parte de um contexto maior e não vimos como abordá-las separadamente. Optamos então por um levantamento histórico da Gravitação Universal. Isso se explica, pois, o próprio Newton, antes de chegar a esta última, estudou profundamente a Mecânica dos cientistas que o antecederam e postulou as três Leis. Desta forma, decidimos abordar a Física Newtoniana dentro do contexto histórico em que está inserida. Ao fazer o levantamento desta história, acabamos percebendo a importância da contextualização não só histórica como também social e tecnológica, e assim acabamos optando por planejar e organizar um material didático com abordagem CTS-Histórica (ver capítulo 3). Este é o caminho que encontramos para planejar ferramentas que viessem auxiliar o trabalho do professor em sala de aula, ou seja, auxiliar o processo de ensino-aprendizagem da Mecânica Clássica. Nossa expectativa é que este material aqui planejado e organizado possa

ser útil, para o professor, auxiliando-o a enfrentar as dificuldades para ensinar essa parte da Física.

Os Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio (PCNEM) atribuem as dificuldades de aprendizagem a um ensino compartimentalizado e descontextualizado (BRASIL, 1999). A saída apontada pelos PCNEM é que sejam inseridas no ensino as interfaces entre as disciplinas, bem como a exploração do contexto dos conteúdos abordados (BRASIL, 1999). Os PCNEM insistem na contextualização e na interdisciplinaridade, mas não oferecem subsídios para ajudar o professor a transformar os parâmetros em ação.

A tendência atual, em todos os níveis de ensino, é analisar a realidade segmentada, sem desenvolver a compreensão dos múltiplos conhecimentos que se interpenetram e confirmam determinados fenômenos. Para essa visão segmentada contribui o enfoque meramente disciplinar que, na nova proposta de reforma curricular, pretendemos superar pela perspectiva interdisciplinar e pela contextualização dos conhecimentos. (idem, p. 34)

É sabendo que a contextualização e a interdisciplinaridade não devem constituir apenas modismos ou chavões, que planejamos esse material. Em outras palavras, acreditamos que a abordagem CTS-Histórica seja uma possível saída para subsidiar o professor na tarefa de “tirar a lei do papel”. Na contextualização histórica e social da Gravitação Universal pode-se identificar as interfaces da Física com outras áreas como Filosofia (GUERRA *et al.*, 1998), História Geral (PESSOA FILHO, 2005) e Artes, que ajudam na construção não só de conhecimentos dessas disciplinas individualmente, mas acima de tudo podem ajudar o aluno a construir o elo entre elas, em outras palavras, auxilia-se uma construção interdisciplinar (GUERRA *et al.*, 1998) tão propalada pelos PCNEM (BRASIL, 1999). Ao mesmo tempo em que esses Parâmetros defendem a interdisciplinaridade, não abrem mão da disciplinaridade. Assim, planejar e organizar aulas que levem a essa

interdisciplinaridade é um desafio a ser enfrentado pelos professores que se vêem diante de inúmeros problemas, dentre os quais a dificuldade de aprendizagem de seus alunos.

Uma das maneiras de se envolver mais de uma disciplina e facilitar a abordagem CTS é a adoção de um tema que sirva como ponto de partida (CRUZ & ZYLBERSZTAJN, 2001). Isso foi feito na construção do material didático (Módulo de Ensino) proposto neste trabalho. O tema gerador para contextualização e interdisciplinaridade que julgamos interessante para aprendizagem de vários conceitos da Mecânica Newtoniana foi “satélites”, já que o uso dessa tecnologia (nas transmissões de TV, por exemplo) faz parte do dia a dia dos alunos. Este tema foi considerado interessante por nós pelo seu potencial de abordagem dos vários conceitos físicos com os quais se pode trabalhar, além de ser um tema que oferece grandes possibilidades de promover a contextualização e a interdisciplinaridade como será visto.

Nos cursos com abordagem CTS (ver capítulo 03), o envolvimento de mais de uma disciplina é uma necessidade. Segundo Santos e Schnetzler, (2003, p. 64), o ensino com ênfase em CTS difere muito da educação convencional em ciências, pois esta última é, por concepção, disciplinar e não oferece recursos para a abordagem de temas sociais. Sabemos que para compreender a influência da ciência e da tecnologia sobre a sociedade, e vice versa, se requer conhecimento de mais de uma disciplina. Por isso, o tema “satélites” se tornou relevante porque, além de Física e Filosofia (Apêndice 01), o contexto histórico da invenção dessas máquinas (Apêndice 02) contribui para que se compreenda como essa tecnologia influenciou a vida da sociedade a partir da segunda metade do século XX.

Uma vez escolhida a abordagem que se pretendia usar (CTS-Histórica), restava escolher o instrumento pedagógico que, na prática, nos possibilitaria auxiliar o professor a trabalhar parte da Física – Mecânica Newtoniana. Optou-se por elaborar um material didático prático com potencial de impacto no ambiente profissional de professores do ensino médio. Nossa opção com relação a este material foi planejar e organizar um módulo de ensino em CD com arquivos no formato *Power Point* para uso em sala. A idéia de se elaborar CDs não é nova. Dentre os muitos autores, que trabalham com esta idéia, podemos citar Pessoa Filho (2005). Este autor inspirou nosso trabalho, fazendo-nos perceber que um CD para uso em sala de aula poderia ser útil para a aprendizagem, pois como afirmam Fiolhais & Trindade (2004) esse tipo de material tem um grande potencial de atingir diretamente os alunos. Alguns arquivos utilizados para a produção do CD, aqui apresentado, são de Pessoa Filho (2005) ou organizados por ele.

Uma vez escolhida a abordagem e a forma de apresentação do material, iniciou-se o planejamento da melhor forma deste ser utilizado em sala de aula pelos professores. Certamente nem todas as escolas dispõem de *data show* para uso em aulas, por isso foram também planejados textos (Apêndices 01 e 02) que acompanham os CDs. A parte que envolve a introdução ao conhecimento da tecnologia dos satélites, a história da Física, que possibilitou o lançamento dessas máquinas e o resgate histórico do desenvolvimento dessa tecnologia, estão presentes nos textos que acompanham os CDs. Portanto, o professor terá material suficiente para trabalhar em sala de aula, mesmo sem a apresentação multimídia.

A necessidade de elaboração de materiais para ensino de ciências com abordagem histórica foi apontada por Matthews (1995). Bastos (1998) argumenta sobre a falta de materiais didáticos em nível Fundamental e Médio.

Os textos de História da Ciência disponíveis para consulta dificilmente se adaptam às necessidades específicas do Ensino de Ciências na escola fundamental e média, talvez porque não reúnam simultaneamente, de modo sintético e numa linguagem acessível, os diferentes aspectos que o professor pretende discutir em sala de aula (p. 46).

Foi também pensando na construção de um material didático que atenda às necessidades dos professores que anseiam em dispor da história da ciência para ensinar Física no Ensino Médio que planejamos este trabalho. Para isso produzimos (como visto) os CDs e os textos de apoio, ambos para uso com alunos do Ensino Médio.

Os *slides* da apresentação multimídia são compostos de textos, áudios, filmes, vídeos e animações. Estes recursos instrumentalizam o professor para:

- 1) apresentar um mesmo conceito físico de várias formas diferentes;
- 2) retornar a outros *slides* de interesse;
- 3) parar a apresentação para discussões que achar necessárias;
- 4) pular *slides* que não considerar relevantes;
- 5) pausar os filmes para comentários e discussões que achar importantes.

Inicialmente tinha-se a intenção de avaliar estes CDs na sala de aula. Queria-se fazer uma pesquisa de observação participante para avaliar o impacto causado pelo material nos alunos. No entanto, percebemos que isso não seria possível, pois não teríamos tanto tempo disponível para um trabalho de pesquisa dessa envergadura. Optou-se, portanto, por uma avaliação feita do ponto de vista dos professores. Em outras palavras, se apresentaria o Módulo de Ensino aos professores de Física para que estes opinassem sobre as potencialidades e limites do material. Resolveu-se, portanto, planejar dois estudos de caso. O material foi avaliado por dois professores de Física do Ensino Médio. Os CDs foram entregues a

eles para que os analisassem. Por fim, após terem examinado o Módulo, os dois professores foram entrevistados.

Em resumo, depois de se pesquisar o uso da abordagem CTS e HFS, a história da ciência desde Aristóteles até Newton e também a história da Guerra Fria, desde a Revolução Russa até a queda do Muro de Berlim (passando pelo lançamento dos satélites mais conhecidos), foi produzido o material didático. Este foi composto de cinco apresentações de *Power Point*, dois textos de apoio e um manual do professor, tudo armazenado em dois CDs. Uma vez pronto o material, este foi entregue para a apreciação de dois professores de Física do Ensino Médio.

Como foi afirmado acima, este trabalho tem como aporte teórico uma abordagem CTS e HFS. O próximo capítulo explicitará o significado dessas abordagens e o seu impacto no processo de aprendizagem, ou seja, será discutida a revisão bibliográfica que culminou na fundamentação teórica que norteou todo este trabalho.

Capítulo 3

Fundamentação Teórica

Neste capítulo serão discutidas as abordagens HFS e CTS para o Ensino de Ciências e, assim procedendo, se justificará o uso dessas abordagens no Ensino de Física e, por conseguinte, sua utilização para o Módulo de Ensino proposto neste trabalho.

3.1. A crise no Ensino Científico

O Ensino de Ciências, na maioria das escolas de Ensino Básico, é praticado, até os dias de hoje, com o uso de uma abordagem que é bem semelhante à pedagogia de ensino utilizada no pós-guerra, durante o período da Guerra Fria. A influência da Guerra Fria nos currículos escolares na década de 50 foi identificada por Krasilchik (1987). As disputas políticas, ideológicas e principalmente científicas e tecnológicas entre americanos e soviéticos tiveram grande reflexo na educação científica. Mudanças curriculares ocorridas nos Estados Unidos, por exemplo, foram influenciadas pelo lançamento do primeiro satélite artificial, o Sputnik 1, pelos soviéticos em 1957. Esta conquista dos russos despertou nos Estados Unidos o desejo de acompanhar a União Soviética na tecnologia de satélites e veículos lançadores. Além disso, a produção bélica, principalmente de armas nucleares para intimidar o lado oposto, requeria grande desenvolvimento tecnológico. Para tanto, era necessário acelerar o trabalho dos cientistas que serviam aos Estados Unidos e formar pessoas capazes de contribuir para o progresso científico e tecnológico desta nação. A necessidade de formação de cientistas requeria currículos escolares que melhorassem o ensino das ciências e, portanto, “produzissem cientistas”. Assim, as

crianças e jovens que ainda estavam no ensino básico eram educados para serem “cientistas mirins”.

Portanto, o lançamento do Sputnik pela União das Repúblicas Socialistas Soviéticas em 1957 foi um divisor de águas para a educação mundial. Com esse lançamento os americanos haviam ficado para trás na conquista do espaço. Para fazer frente aos Russos, eles acreditavam que era necessário melhorar o ensino em seu país, principalmente o ensino científico. Foi nesse clima que surgiram os primeiros embriões dos grandes projetos curriculares que alteraram, principalmente, os programas das disciplinas científicas nos EUA e, em seguida essas modificações também puderam ser sentidas na Europa. No Reino Unido, por exemplo, foi lançado o Nuffield Project (ZIMMERMANN, 2000). Esses projetos se originavam, geralmente, nas sociedades científicas com incentivo governamental. Desta forma, em 1958 surgiu o projeto School Mathematics Study Group (SMSG). No ano seguinte, membros da American Chemical Society, com a ajuda do premio Nobel de Química, G. Seaborg, desenvolveram um moderno curso de Química para o nível médio, o CHEM. Posteriormente, o American Institute of Biological Sciences desenvolveu um programa de ensino de biologia o Biological Science Curriculum Studies (BSCS). Os físicos também desenvolveram um programa para o ensino de sua disciplina, o Physical Science Study Committee (PSSC). Com isso pode se perceber que a pesquisa sobre programas de ensino se tornara mais importante que a pesquisa em ensino propriamente dita.

No Brasil, a influência do pós Segunda Guerra Mundial no ensino é sentida até hoje. Alguns materiais didáticos de ensino de ciências (como por exemplo, o PSSC) foram importados dos Estados Unidos e traduzidos para o Português. Junto

com estes materiais vieram as abordagens como a aprendizagem pela descoberta e a abordagem do processo (ZIMMERMANN, 2000).

Pensando no exposto acima, o presente trabalho visa trazer uma proposta diferente para a aprendizagem da Física. Defendemos um ensino contextualizado, que estimule a crítica nos alunos. Para tanto a ênfase recairá sobre o contexto social do desenvolvimento tecnológico e sobre a natureza dos conhecimentos científicos.

Existem, atualmente, inúmeras abordagens que são estudadas e usadas para tentar solucionar ou, ao menos, amenizar os problemas de aprendizagem (PIETROCOLA, 2001). Entre elas, está o uso da História da Ciência no ensino de ciências e a abordagem CTS.

3.2. História da Ciência e o Ensino de Ciências

A crise no ensino contemporâneo de Ciências e da Física, em particular, é amplamente documentada, sendo que os elevados índices de analfabetismo científico estão entre os principais problemas a serem enfrentados pelos pesquisadores em Ensino de Ciências (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2005, p. 218). A pesquisa nesse campo tem levado à proposição de inúmeras abordagens de ensino para tentar solucionar ou, ao menos, amenizar esses problemas (PIETROCOLA 2001). Entre elas, está o uso da história da ciência no Ensino de Ciências.

Nos últimos anos, houve uma grande aproximação entre o Ensino de Ciências e a história e filosofia da ciência, em vários países do mundo, como Inglaterra, País de Gales, Estados Unidos, Dinamarca e Holanda (MATTHEWS, 1995). É preciso ressaltar, no entanto, que a história da ciência não foi introduzida nos currículos

como uma disciplina extra a ser ensinada como muitos acreditam, mas sim para proporcionar uma abordagem mais abrangente, contribuindo para uma compreensão maior e mais rica dos conteúdos dos programas dos currículos de ciência. Um outro exemplo dessa aproximação entre ciência e história, é dado pela Fundação Nacional Americana de Ciência que iniciou dois programas voltados para a introdução de história da ciência nos cursos equivalentes a nossa educação básica. Além disso, alguns programas de países como do Reino Unido e dos Estados Unidos tornaram a história da ciência disciplina obrigatória para a formação de professores (MATTHEWS, 1995, p. 165). No Brasil também já se tem reconhecido a necessidade dessa aproximação. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), por exemplo, recomendam que deve ser desenvolvida nos alunos a capacidade de reconhecer o caráter humano e mutável do conhecimento científico (BRASIL, 1999).

Desde o final da década de 1970, no Brasil, foram desenvolvidas diversas pesquisas, explorando a utilização da história e filosofia da ciência no ensino de Ciências. Podemos citar como exemplo os trabalhos de Peduzzi, (1996) que discute as idéias de Aristóteles sobre o movimento dos corpos. Este tema tem um grande potencial didático para lidar com algumas concepções alternativas dos estudantes, como a de que não pode haver movimento sem força e de que força e velocidade são proporcionais. Outro exemplo se tem no trabalho de Barra, (1993) que ressalta a importância da escola psicogenética de Piaget no impulsionamento de pesquisas com ênfase na utilização da história da ciência como fonte de analogias úteis para a estruturação do ensino de ciências. Segundo o autor não existe uma única história da ciência, mas modelos filosóficos que possibilitarão diferentes análises históricas geralmente incompatíveis entre si; Danhoni (1992), argumenta que devido à ausência de reflexão, excessiva matematização e a falta de liberdade para uma

visão autêntica de mundo, a imaginação é varrida dos bancos escolares. Na tentativa de mudar este quadro, o autor desenvolveu voltado para astronomia de posição e outro e outro envolvendo o uso da história da ciência na tentativa de resgatar uma discussão que antecedeu o nascimento da cinemática e da dinâmica galileana. Conclui que é preciso resgatar uma ciência contextualizada e orientada para suas descobertas; Harres (2002) discute o contraste entre uma escala evolutiva das concepções de estudantes sobre força e movimento. Os dados mostram que, adotando-se algumas posturas epistemológicas e metodológicas encontra-se uma realidade mais complexa dessas idéias. Estas, denominadas de “concepções intermediárias” identificam-se fortemente com os modelos explicativos construídos posteriores à física aristotélica e anteriores à visão newtoniana, caracterizando o que alguns autores chamam de “física da força impressa”. Ao final, este autor discute as implicações dos resultados para o ensino e, especialmente, a formação de professores. Para Martins (1990), um professor de ciências não transmite a seus alunos apenas conteúdos, mas também uma concepção sobre o que é ciência. O conhecimento sobre a natureza da pesquisa científica só pode ser adquirido de duas formas: pela prática da pesquisa e pelo contato com cientistas ou pelo estudo da história da ciência. Uma das principais hipóteses defendidas Schmitz e Carvalho (1992), é que dois processos apresentam-se como fundamentais: a história da ciência e a psicogênese, ou seja, a evolução das idéias ao longo da história e o desenvolvimento cognitivo individual, sem paralelismo ingênuo. A história da ciência no ensino provoca desequilíbrios cognitivos, sendo útil por colocar o aluno como sujeito construtor do saber.

Deste modo, tanto nacionalmente quanto no exterior, há um crescente reconhecimento da importância da história da ciência como auxiliar para o processo

de ensino-aprendizagem das ciências. Há bons indícios para se avaliar que não se trata de modismo e que é importante a inserção da história da ciência como ingrediente no ensino das disciplinas de ciências em geral e da Física em particular.

É amplamente documentado que o Ensino de Física tem se baseado, em grande parte, na memorização de conceitos e aplicações de fórmulas matemáticas. Raras vezes o conhecimento da Física é contextualizado ou estudado a partir de uma abordagem histórica, tendo-se em vista sua construção, e, mais raro ainda, são estudadas suas implicações sociais. “Esse quadro tradicional tem sido alvo de críticas por parte de amplos setores preocupados com o ensino das ciências” (CRUZ e ZYLBERSZTAJN, 2001, p. 172).

A falta de contextualização histórica no ensino conduz os alunos a uma visão indutivista da ciência, na qual o conhecimento é concebido como neutro e objetivo, que se desenvolve linearmente por acumulação e que é derivado da observação neutra.

A partir de meados do século XX, muitos filósofos da ciência, que foram também cientistas, começaram a questionar e criticar, de diversos modos, a visão empirista e indutivista do conhecimento científico. Popper, Kuhn, Bachelard, Feyerabend, Lakatos e muitos outros, embora divergindo em alguns aspectos, tinham em comum a crítica a esta visão tradicional de ciências e a existência de um método científico que ainda hoje se faz presente na educação científica escolar. Eles consideravam inaceitáveis as noções de neutralidade, evidência e comprovação implícitas a esse método.

A história do desenvolvimento das ciências mostra que o conhecimento não apenas se amplia, mas também se modifica, havendo substituição de teorias antes tidas como certas e, às vezes, ocorrem profundas mudanças na visão de mundo.

Isso tudo de forma integrada ao contexto sócio-histórico e cultural de cada época. Assim, vários estudos acabaram mostrando a falência da visão indutivista de ciência (MOREIRA & OSTERMANN, 1993; SILVA & MARTINS, 2003; MARTINS, 1990) e demonstram que ela é uma construção humana, e como toda e qualquer produção humana passível de erros.

3.2.1. Abordagem Histórica no Ensino de Ciências

É necessário lembrar que há diferentes abordagens no ensino de ciências que podem aperfeiçoá-lo e torná-lo mais útil, levando para o aluno uma visão mais fiel do que seja ciência e de como ela é produzida. O uso de história da ciência é uma delas. As propostas ingênuas, que imaginaram recorrer apenas a uma abordagem e conseguir com isso resolver todos os problemas do ensino, fracassaram. Ao invés de uma panacéia, a proposta de utilização da história da ciência procura dar sua contribuição, juntamente com outras, como a abordagem CTS (discutida a seguir).

3.2.2. Paralelo entre Produção Individual e Histórica da Ciência

Como acima discutido, a história da ciência ajuda a humanizar a ciência e leva uma visão mais fiel dessa atividade dos cientistas, qual seja, produzir conhecimento científico. Por outro lado, o interesse pela história da ciência também ocorreu por causa de paralelos estabelecidos por Piaget e seus colaboradores entre o processo psicogênico das crianças e as etapas históricas pelas quais passou a evolução da ciência (PIAGET e GARCIA, 1987). Embora seja necessário tomar alguns cuidados e não generalizar excessivamente essa semelhança, existem aspectos concordantes entre os dois processos, e isso é uma das justificativas do

interesse dos educadores pela história da ciência (NERSSESIAN, 1989). Além disso, uma boa parte do interesse da comunidade de educadores pela história da ciência é resultado das pesquisas sobre as concepções prévias trazidas pelas crianças à sala de aula. Esses trabalhos mostraram que os estudantes possuem concepções a respeito da natureza que, muitas vezes, diferem do conhecimento científico atual. Em alguns casos, as concepções dos estudantes estão muito próximas de explicações que já foram aceitas no passado (PEDUZZI, 2001 b). Deste ponto de vista, a história da ciência, aliada às inúmeras pesquisas já realizadas para mapear as concepções alternativas, é um instrumento importante para a promoção da tomada de consciência destas concepções por parte dos estudantes.

3.2.3. Pressupostos para utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências

Há muitas formas de se usar a história da ciência no ensino de ciências. A escolha vai depender do objetivo pedagógico que se tenha em mente. O objetivo pode ser aprender teorias científicas e conceitos, discutir sobre a natureza da ciência e seus métodos, refletir sobre a relação entre ciência e o contexto social, entre outros. Os pressupostos gerais que norteiam a aplicação da história da ciência ao ensino são:

- o objetivo do ensino de ciências não é apenas o aprendizado dos resultados científicos, embora esse aprendizado seja valioso, mas também o aprendizado de como o conhecimento científico é produzido;
- para a formação do cidadão, o ensino de ciências deve ser acompanhado por reflexões sobre a natureza do processo científico, seus métodos e suas relações com os condicionantes sociais, a fim de evitar os dois

extremos: o mito cientificista - que considera a ciência como a construção humana mais importante - ou a total desvalorização da ciência;

- o aprendizado dos resultados científicos deve respeitar o desenvolvimento cognitivo do estudante, levando em conta as suas concepções prévias e as barreiras epistemológicas daí decorrentes, e permitindo uma gradual transformação daquelas idéias na visão científica atualmente aceita.

Há vários aspectos para os quais a história da ciência pode contribuir com a educação científica. Os principais, segundo Silva e Martins (2003) são mostrar, por meio de episódios históricos:

- a) as inter-relações entre ciência, tecnologia e sociedade, o que propicia uma melhor formação do educando como cidadão;
- b) o processo social gradativo de construção do conhecimento, permitindo formar uma visão mais concreta e correta da real natureza da ciência, seu método e suas limitações – o que contribui para a formação de um espírito crítico e desmistificação do conhecimento científico, sem, no entanto, negar seu valor;
- c) o processo lento de desenvolvimento de conceitos, até chegar às concepções atualmente aceitas, o que propicia um melhor aprendizado do próprio conteúdo da ciência pelo educando.

De uma maneira geral, a história da ciência contribui para promover o ensino porque, entre outras razões, motiva e atrai os alunos; humaniza o conteúdo ensinado; favorece uma melhor compreensão dos conceitos científicos, pois os contextualiza e discute seus aspectos confusos; ressalta o valor cultural da ciência; enfatiza o caráter tentativo e mutável do conhecimento científico; (MATTHEWS, 1995, p. 172).

Para Peduzzi (2001 a), as vantagens da inserção de HFS no ensino de ciências são semelhantes às apontadas por Matthews (1995). Segundo Peduzzi, o uso da história da ciência em sala de aula pode: propiciar o aprendizado significativo de equações; lidar com a problemática das concepções alternativas; incrementar a cultura geral do aluno; desmistificar o método científico; mostrar como o pensamento científico se modifica com o tempo, evidenciando que as teorias científicas não são “definitivas e irrevogáveis”; chamar atenção para o papel das idéias metafísicas (e teológicas) no desenvolvimento de teorias científicas mais antigas; contribuir para um melhor entendimento das relações da ciência com a tecnologia, a cultura e a sociedade; propiciar o aparecimento de novas maneiras de ensinar certos conteúdos; melhorar o relacionamento professor-aluno; levar o aluno a se interessar mais pelo Ensino da Física.

Apesar das inúmeras vantagens do uso da história da ciência no ensino apontadas na literatura, há argumentos contrários a essa utilização.

3.2.4. Críticas à utilização da História da Ciência no Ensino de Ciências

Peduzzi (2001 a) e Matthews (1995) apontam para inúmeras vantagens do uso de HFS no ensino de ciências, no entanto, há também algumas críticas.

Na conferência no MIT, em 1970 foram apontadas duas críticas ao uso de HFS no ensino de ciências (MATTHEWS, 1995). Para Klein (1972, apud. MATTHEWS, 1995) a única história possível de ser levada para a sala de aula de ciências é uma pseudo-história, ou seja, uma história distorcida. Klein afirma que é muito difícil levar para a sala de aula a história da Física para atender às necessidades de ensino. Este autor defende que existe uma significativa diferença

entre a perspectiva do professor de Física e do historiador, ou seja, a história da Física levada para a aula de ciências pelo professor não passará de recortes isolados da complexa e rica história da Física produzida pelo historiador. Assim, defende esse autor, é preferível não usar a história da ciência no ensino do que utilizar de uma história de má qualidade (KLEIN, 1972, apud MATTHEWS, 1995).

Devemos esclarecer que em certo sentido concordamos com o autor, porém não acreditamos que o professor de Física só poderá levar para sala de aula uma história da ciência de má qualidade. Ao contrário, o professor irá se aproveitar da complexa e rica história da Física produzida pelo historiador para enriquecer sua aula. Acreditamos, portanto, ser possível levar para a sala de aula uma história de qualidade, com a riqueza e complexidade requerida pelo historiador. Eis um desafio a ser enfrentado pelos professores e por aqueles que se propõe a produzir materiais didáticos que insiram história da ciência no ensino de ciências. Quanto a nós, fazemos parte desse grupo que acredita que a história da ciência enriqueça as aulas de ciência sem perda da riqueza histórica e viemos, por meio deste trabalho, propor um material que a leve para dentro da sala de aula.

A outra crítica diz respeito ao enfraquecimento das convicções paradigmáticas dos jovens candidatos a membros da comunidade de cientistas, por estes terem contato com a história da ciência. Esta crítica surgiu, em parte, devido à análise filosófica feita por Tomas Kuhn em sua obra *A Estrutura das Revoluções Científicas*. Para Kuhn (2003), o contato do jovem candidato a membro da comunidade científica se dá através dos manuais científicos.

Por razões ao mesmo tempo óbvias e muito funcionais, os manuais científicos (e muitas das antigas histórias da ciência) referem-se somente àquelas partes do trabalho de antigos cientistas que podem facilmente ser consideradas como contribuições ao enunciado e à solução dos problemas apresentados pelo paradigma dos manuais (KUHN, 2003, p. 177).

Mais adiante, na mesma obra, Kuhn levanta uma questão bastante condizente com o pensamento dos autores dos manuais científicos, que desejam não dar chance de abalo ao paradigma: *“Por que honrar o que os melhores e mais persistentes esforços da ciência tornaram possível descartar?”* (p. 178).

Dentro da visão kuhniana dever-se-ia desconsiderar, por exemplo, o uso da teoria aristotélica no ensino da mecânica clássica. Por razões já discutidas neste trabalho, discordamos desta visão. Assim como Peduzzi (1996), acreditamos que a história da mecânica clássica não pode ser contada sem a física e a cosmologia de Aristóteles. Cremos também que a noção aristotélica de causa do movimento é fundamental para a compreensão da evolução do conceito de força. A física aristotélica, por ter muitas semelhanças com o senso comum, apresenta grande potencial para se lidar com as concepções alternativas dos estudantes. Muitas das concepções de nossos alunos se assemelham também com a Física da Força Impressa de Hiparco e com a Teoria do Impetus (HARRES, 2002).

É sob essa perspectiva que decidimos elaborar o material didático apresentado nessa dissertação, ou seja, é por acreditarmos que a história da ciência enriquece o ensino de ciências e auxilia a aprendizagem científica, pois contextualiza a ciência. No entanto, cabe ressaltar que apresentamos aqui um material didático com a preocupação de manter tanto o rigor científico, quanto o histórico. Quando não se tem essa preocupação, a história da ciência não passa de cronologias e anedotas científicas. Neste caso tem-se uma história de má qualidade, que ao invés de vir em auxílio da aprendizagem é prejudicial ao ensino de ciências. Nossa proposta visa levar o aluno ao contexto em que as descobertas e teorias se deram. Para isso, é indispensável que se vá além da história, ou seja, que discuta também o contexto filosófico no qual as teorias científicas estão inseridas.

3.2.5. Abordagem Filosófica no uso da História da Ciência no Ensino de Ciências

É necessário ainda lembrar que é indispensável um tratamento histórico desenvolvido concomitantemente com o tratamento filosófico da ciência, já que seu próprio desenvolvimento histórico pode ser estudado sob diferentes pontos de vista filosóficos como nos mostra Borges (1996). Essa autora identifica algumas das visões que podem ser adquiridas ao se fazer uma abordagem histórica da ciência.

Na visão positivista, a História das Ciências é concebida como uma sucessão de eventos, descobertas e teorias onde há um crescimento contínuo e cumulativo do conhecimento científico. Segundo **Popper e Lakatos**, essa visão é aceitável, mas com uma ressalva: trata-se de uma reconstrução racional, na qual são consideradas as contribuições relevantes ao conhecimento de que dispomos hoje, eliminando-se as discrepâncias. **Bachelard** (...) recomenda retomar o passado com a visão atual, pois, como a evolução das ciências acontece pela ruptura com os conhecimentos existentes e sua reestruturação, a História das Ciências deve ser entendida à luz dos novos conhecimentos construídos. Segundo **Kuhn** (...), os cientistas compartilham convicções devido ao processo pelo qual foram treinados durante a sua formação (...). Por isso ele critica a análise do desenvolvimento científico a partir do presente, considerando que a compreensão da ciência de uma época só pode ser alcançada situando-a no contexto da época, não tendo sentido julgá-la a partir dos conhecimentos atuais. (...) Cada teoria corresponde a uma determinada concepção de mundo e só dentro dela tem sentido. **Piaget e Garcia** (...) enfatizam que as mudanças de paradigma identificadas na História das Ciências assemelham-se ao que acontece na psicogênese das crianças, onde os desequilíbrios e conflitos cognitivos possibilitam alcançar e construir outros níveis de organização, possibilitando reestruturar conhecimentos antigos e incorporar os novos. **Feyerabend**, radicalizando a incomensurabilidade entre teorias, considera que idéias divergentes coexistem, havendo simultaneidade e interação entre períodos normais e revolucionários. Sua análise da História das Ciências é realizada sob uma perspectiva sociológica e cultural, criticando visões dogmáticas sobre as ciências. **Morin** faz uma reflexão sobre os problemas da nossa cultura, interrelacionando aspectos físicos, biológicos e antropos-sociológicos (...). Qualquer investigação corresponde a visões de mundo historicamente construídas (...) [grifo nosso] (BORGES, 1996 p. 48).

Assim, tomamos o cuidado para que o módulo de ensino proposto nesse trabalho transpareça uma visão filosófica contemporânea. Entendemos, portanto que a teoria aristotélica, por exemplo, só pode ser verdadeiramente compreendida se

“transportarmos” nossos alunos para a época de Aristóteles e os inserirmos em sua filosofia. Caso tentássemos interpretar esta Física de acordo com o conhecimento atual, nada faríamos de diferente com relação à abordagem de muitos livros didáticos. Muitos desses descaracterizam o paradigma aristotélico e “pintam a figura” de Aristóteles como se este não fosse capaz de nos fornecer nada mais do que ingenuidades e tolices. Isto inibe qualquer relacionamento entre o referencial aristotélico e o senso comum do aluno, deixado à margem do processo educativo um importante resultado de pesquisa em ensino de Física: o fato de muitos estudantes, de vários níveis de escolaridade, não conceberem velocidade sem força (PEDUZZI, 1996).

3.2.6. História da Ciência e o Ensino da Física

Indiferente aos estudos discutidos até aqui, o ensino de Física, de forma geral, pouco tem abordado aspectos históricos e filosóficos sobre como foi a construção científica desse ou daquele conceito. Essa ausência acaba contribuindo para a formação de uma visão deturpada a respeito da natureza da ciência. A falta de bases epistemológicas no ensino torna a Física “sem vida, sem história, sem alma...” (DANHONI, 1992). Além disso, a linguagem científica, muito distante da forma de comunicação cotidiana do aluno, nem sempre é apropriada por ele e a tão almejada aprendizagem dá lugar a uma grande falta de significação.

Tradicionalmente, o ensino de Física em todos os níveis tem se concentrado no acúmulo de informações, na apresentação dos ‘produtos’ da ciência e no desenvolvimento de habilidades operacionais. Este tipo de abordagem é necessário, mas não suficiente. Sem a correspondente discussão fenomenológica da natureza das ciências experimentais fica difícil a compreensão das diferentes linguagens – oral, gráfica, matemática, computacional – indispensáveis para a construção dos conceitos científicos (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2005, p. 219).

Aliado ao ensino, existe também uma concepção de Ciência como já discutido. Uma visão de que a ciência “constitui um saber ‘objetivo’ em sentido etimológico, vale dizer um saber que corresponde ao que o objeto pesquisado efetivamente é (CULPANI, 1989)”.

Nessa concepção, a pesquisa científica é vista como obediente a uma seqüência rígida e infalível de etapas que inicia na observação e termina numa teoria. Esta seqüência, tradicionalmente chamada de *Método Científico*, é indutiva e linear, mas entendida hoje como epistemologicamente equivocada (MOREIRA e OSTERMANN, 1993).

No próximo item argumentaremos em favor de uma abordagem CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade), que, também, julgamos útil para um ensino de Física contextualizado e epistemologicamente embasado.

3.3. Abordagem CTS (Ciência Tecnologia e Sociedade)

A partir do estudo bibliográfico realizado ao longo desse trabalho, em uma tentativa de categorização podem-se distinguir as principais correntes do ensino de ciências em três grandes vertentes, segundo o enfoque pedagógico que assumem: conteudistas, procedimentais e contextuais.

As perspectivas conteudistas concebem a ciência como um conjunto de conhecimentos que deve ser “transmitido” pelo professor e “absorvido” (memorizado) pelo aluno. Essa perspectiva, já descrita cansativamente em outras oportunidades nesse trabalho, é facilmente perceptível como uma visão tradicional de educação. O currículo, nesta perspectiva, é enciclopédico, composto por saberes, inquestionáveis, produzidos pela sociedade ao longo de sua história e que tenham sido considerados importantes ou relevantes para a formação humana.

A vertente procedimental, por outro lado, seria caracterizada pela compreensão de que a ciência é definida pela metodologia utilizada seja ela indutivista ou dedutivista; ela seria constituída por um conjunto de métodos e técnicas de investigação científica. A “aprendizagem por descoberta” (AUSUBEL, 1964; BRUNER, 1961 In. ZIMMERMANN, 2000) e a “aprendizagem por processos” (GAGNÉ, 1963; GAGNÉ, 1970 In. ZIMMERMANN, 2000) são exemplos de correntes do ensino de ciências que se inserem neste movimento. Para estas duas correntes, a aprendizagem da ciência seria metodológica, que daria ao aluno a possibilidade de pensar como um cientista, de agir cientificamente frente ao mundo. O ensino seria realizado, primordialmente, através de aulas práticas, de caráter experimental. O professor deveria, portanto, dominar as diversas fases do método científico, de forma a iniciar seus alunos nele.

Uma terceira perspectiva concebe a ciência como uma prática sócio e historicamente situada. Ela surge nos últimos anos, pois muitos começaram a chamar a atenção para a importância da dimensão social das ciências. Isso porque muitos começam a colocar a questão dos objetivos do ensino escolar e, em particular, do ensino de ciências. No lugar do conhecimento enciclopédico como integrante da formação do homem erudito e da iniciação ao método que possibilitasse a formação dos cientistas, o ensino escolar começa a se preocupar com a formação do cidadão para uma atuação crítica e participativa na sociedade.

Ressalta-se aqui mais uma vez o conhecimento científico como realização humana. Além disso, é argumentado que ele tem implicações sobre a vida social que devem ser consideradas em seu ensino. Aqui entra a abordagem Ciência-Tecnologia e Sociedade – CTS – (SANTOS & MORTIMER, 2000) que retrata bem esta concepção ao defender que o ensino de ciências deve privilegiar o

estabelecimento de relações entre o conhecimento científico, o conhecimento tecnológico e suas implicações sociais. O objetivo é fornecer ao aluno elementos que o possibilitem refletir sobre a ciência e a tecnologia para posicionar-se criticamente frente às conseqüências sociais.

Considerando-se a presença da ciência e da tecnologia no cotidiano social e que questões mais amplas sobre o desenvolvimento científico e tecnológico têm repercussões diretas sobre a sociedade, o ensino de ciências, dentro desta perspectiva, constitui-se em uma estratégia importante de inclusão do indivíduo na vida social, de uma maneira ativa e não meramente na qualidade de espectador. O ensino de ciências, na perspectiva CTS, deve possibilitar ao aluno a reflexão sobre as relações entre estes três elementos, de modo que ele possa estar inserido nas discussões sobre a aplicação da ciência e da tecnologia e seus impactos sobre o bem-estar social. O destaque posto sobre as relações entre estes elementos, ressalta uma compreensão da ciência como prática social e leva-nos a discutir, em sala de aula suas condições de produção, divulgação e aplicação, bem como a possibilidade de controle sobre a ciência e a tecnologia que a sociedade detém.

Na medida em que não se almeja a formação do especialista, do cientista, o ensino passa a não estar centrado unicamente no conteúdo em si, mas nas suas relações com a vida do indivíduo em seu cotidiano e da sociedade de uma maneira mais ampla. Neste caso, não faz sentido reduzir a aprendizagem das ciências à memorização de conceitos e à aplicação de fórmulas. A participação do cidadão na vida social de uma maneira ampla depende de sua possibilidade de interlocução com questões complexas baseadas em conhecimentos científicos e tecnológicos. Neste sentido, a abordagem CTS *“está vinculada à educação científica do cidadão”* (SANTOS & SCHNETZLER, 1998, p. 59) e deve ressaltar *“o caráter provisório e*

incerto das teorias científicas” (idem, p. 61), de tal forma que os alunos possam avaliar alternativas diferenciadas para a solução de um mesmo problema.

O que se privilegia aqui é o desenvolvimento da capacidade de tomada de decisão (SANTOS & SCHNETZLER, 1998), subsidiada em conhecimentos científicos e também em valores e aspectos éticos que não podem ser desconsiderados. É interessante destacar ainda que, nesta perspectiva, o aluno é levado a pensar a própria natureza da ciência e de seu papel para a sociedade (SANTOS & SCHNETZLER, 1998) e, neste sentido, a abordagem histórico-filosófica do ensino de ciências torna-se um elemento indispensável para uma abordagem CTS.

Cruz e Zylbersztajn, (2001) afirmam que:

Além de propiciar conhecimentos para compreender os fenômenos da natureza, as disciplinas científicas devem desenvolver a capacidade dos alunos para assumirem posições face a problemas controvertidos e agirem no sentido de resolvê-los. (...) Um debate sobre as implicações sociais do desenvolvimento científico e tecnológico envolve tanto aspectos que dependem de conhecimentos factuais e técnicos como posições fundamentadas por convicções políticas, éticas, religiosas etc. (p.180).

Pode-se perceber a ênfase nas questões éticas inerentes à ciência, que devem ser discutidas em sala de aula.

No interior da vertente social do ensino de ciências, a abordagem CTS coloca como objetivo primordial o desenvolvimento da:

alfabetização científica e tecnológica dos cidadãos, auxiliando o aluno a construir conhecimentos, habilidades e valores necessários para tomar decisões responsáveis sobre questões de ciência e tecnologia e atuar na solução de tais questões (Santos & Mortimer, 2000 p. 138).

Assim, diferentemente do ensino conteudista, a abordagem CTS não se contenta com o ensino do conteúdo isoladamente, sem conexões, sem

contextualização. A abordagem CTS preza a tomada de consciência contribuindo, assim, para a formação do cidadão, afinal, nossos alunos vivem imersos num mundo onde a ciência e a tecnologia tem um papel de destaque.

A sociedade vive, mais do que nunca, sob os auspícios e domínios da ciência e da tecnologia, e isso ocorre de modo tão intenso e marcante que é comum muitos confiarem nelas como se confia numa divindade. Este comportamento ficou de tal forma arraigado na vida contemporânea que fomos levados a pensar desta maneira durante toda nossa permanência nos bancos escolares. A lógica primordial do comportamento humano é a lógica da eficácia tecnológica; suas razões são as razões da ciência. As notícias do dia-a-dia exacerbam as virtudes da ciência e da tecnologia; os produtos são vendidos calcados nas suas qualidades embasadas em depoimentos 'científicos'. (BAZZO, 1998)

Essa crença excessiva no “poder” da ciência pode camuflar sua natureza e seus limites. Os meios de comunicação passam uma mensagem de ciência como expressão da verdade e da infalibilidade. É no intuito de estimular a crítica nos alunos que os currículos CTS partem de temas com relevância social e, a partir deles os conteúdos tecnológicos e científicos são abordados. Assim sendo, os currículos CTS têm como principal objetivo preparar os estudantes para o exercício da cidadania e caracterizam-se por uma abordagem dos conteúdos científicos no seu contexto social (SANTOS e MORTIMER, 2000).

Trata-se de uma proposta educacional muito diferente da que visa a formação de membros da comunidade científica, como pensavam os defensores da perspectiva procedimental, proposta na era pós Sputnik (KRASILCHIK, 1987). Como visto acima, foram as desavenças políticas e ideológicas entre o capitalismo e o comunismo que estimularam programas educacionais destinados à formação de cientistas. Como consequência desses desentendimentos, o desenvolvimento tecnológico durante a Guerra Fria atingiu níveis nunca antes imaginados e a

preocupação quanto aos problemas decorrentes desse desenvolvimento, estimulou a elaboração de propostas de ensino com abordagem CTS.

O agravamento dos problemas ambientais pós-guerra, a tomada de consciência de muitos intelectuais com relação às questões éticas, a qualidade de vida da sociedade industrializada, a necessidade da participação popular nas decisões políticas, estas cada vez mais sob o controle de uma elite que detém o conhecimento científico e, sobretudo, o medo e a frustração decorrente dos excessos tecnológicos propiciaram as condições para o surgimento e de propostas de ensino CTS (WAKS, 1990, apud SANTOS e MORTIMER, 2000).

Nos Estados Unidos e na Inglaterra, as discussões sobre os excessos tecnológicos e sua influência sobre a qualidade de vida das pessoas, atingiram um foco diferente do pensamento dominante durante a Guerra Fria. As demonstrações de poder militar e de capacidade de produção possibilitaram reflexões sobre o preço pago por tais avanços. A produção de armas, de defensivos agrícolas e a degradação do meio ambiente estavam entre os focos das discussões. Setores, preocupados com a tomada de consciência da população com relação aos avanços científicos e tecnológicos, influenciaram o aparecimento da abordagem CTS.

A abordagem CTS se propõe a preparar os alunos para o exercício da cidadania que é uma habilidade muito enfatizada nos Parâmetros Curriculares Nacionais (p. 34). Santos e Mortimer (2000) consideram essenciais que seja trabalhada a formação do cidadão a partir dos conteúdos de ciências. A lei de diretrizes e bases da educação (nº 9394, de 20 de dezembro de 1996, artigo 2º), enfatiza que a educação, (...) tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando e seu preparo para o exercício da cidadania (...).

3.3.1. Ensino de Ciências e Cidadania

Para se falar em educar para o exercício da cidadania, é necessária uma discussão preliminar do conceito de cidadania (conforme SANTOS e SCHNETZLER, 2003 p. 23).

Segundo o filósofo grego Aristóteles, o cidadão é um ser participante das decisões de seu Estado.

Tão logo um homem se torne capacitado para participar da autoridade, deliberativa ou judicial, consideremo-lo cidadão do Estado; e, a um número de pessoas assim, amplo o suficiente para assegurar uma existência auto-suficiente, podemos chamar Estado. (Aristóteles, p. 213)

De acordo com Aristóteles, a participação do homem nas decisões é a principal característica do exercício da cidadania e o Estado só existe a partir de certo número de cidadãos. Há de se considerar que, para poucos, na antiga Grécia estava reservado o direito de tomada de decisões, no entanto, nem todas as pessoas eram consideradas cidadãos.

Santos e Schnetzler (2003) argumentam que a participação dos cidadãos nas decisões é comum em qualquer tipo de democracia. Desta forma, a participação nas decisões é atributo do exercício da democracia e da cidadania.

Educar para a cidadania é preparar o indivíduo para participar em uma sociedade democrática, por meio da garantia de seus direitos e do compromisso de seus deveres. Isso quer dizer que educar para a cidadania é educar para a democracia. (SANTOS e SCHNETZLER, 2003, p. 29).

Preparar o aluno para o exercício da cidadania/democracia é um dos objetivos da abordagem CTS. Este exercício se dá por meio de uma postura crítica do educando frente aos avanços científicos e tecnológicos, possibilitando o desenvolvimento de um poder de escolha e tomada de decisões. A cidadania só

pode ser plenamente exercida se o cidadão tiver acesso ao conhecimento e aos educadores cabe fazer esta educação científica (CHASSOT, 2001, p. 49).

A abordagem CTS se diferencia do ensino conteudista de ciências também por este último ser essencialmente disciplinar. Para uma abordagem CTS é necessária a abordagem de temas sociais. Para se partir de um tema de interesse público e usar o conhecimento humano para entendê-lo, uma única disciplina é insuficiente devido à própria natureza das questões sociais. Por isso, a interdisciplinaridade é característica marcante da abordagem CTS.

(...) os cursos de CTS se organizam segundo uma abordagem interdisciplinar de ensino de ciências, cuja organização difere significativamente dos cursos convencionais de ciências centrados exclusivamente na transmissão de conceitos científicos (SANTOS e SCHNETZLER, 2003, p. 64).

Além da interdisciplinaridade, outra característica da abordagem CTS é a promoção da reflexão sobre a origem do conhecimento científico. Com a crença de uma ciência neutra e infalível, sua natureza e limites são irreconhecíveis. A ciência e a tecnologia, quando vistos como uma construção humana, mostram suas limitações, rompendo com o “mito da divindade científica”. Se desejamos que nossos alunos assumam uma postura crítica frente à ciência e a tecnologia, precisamos considerar, no ensino, aspectos epistemológicos. Santos e Schnetzler (2003) reconhecem a importância de se inserir elementos sobre história e filosofia da ciência numa abordagem CTS com objetivo de discutir a natureza do conhecimento científico. Segundo eles:

Além do objetivo relativo à capacidade de *tomada de decisão*, um segundo propósito dos cursos de CTS refere-se à compreensão da natureza da ciência e do seu papel na sociedade, o que implica a necessidade de o aluno adquirir conhecimentos básicos sobre filosofia e história da ciência, para compreender as potencialidades e limitações do conhecimento científico (p. 69).

Em concordância com estes autores, acreditamos que a abordagem CTS seja uma saída para melhoria do ensino de ciências. Como esta abordagem requer uma reflexão sobre a natureza dos conhecimentos científicos reafirmamos a eficiência do uso de história e filosofia da ciência para o ensino de ciências. Além desta vantagem, a utilização de HFS no ensino pode trazer inúmeros benefícios, já apresentados neste capítulo.

Foi de posse do aparato teórico discutido até aqui, neste capítulo, que partimos para a produção de nosso módulo de ensino. Partimos da consideração de que uma abordagem CTS pode contribuir para a formação do cidadão, requerendo para isso, uma aprendizagem de ciências e uma visão epistemológica. Nessa perspectiva, a HFS contribui para essa necessidade, pois possibilita uma aprendizagem contextualizada de ciências, além de fornecer elementos para a compreensão da ciência *per se*.

Capítulo 4

Construção do Módulo de Ensino

Os referenciais teóricos adotados para construção do *Módulo de Ensino* (CDs), como discutido no capítulo anterior, foram CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade) e HFS (História, Filosofia e Sociologia da Ciência). Primeiro, queríamos trabalhar as Leis de Newton a partir da História da Ciência, o que não foi possível devido à impossibilidade de dar um tratamento histórico e isolado a estas Leis. Então, optamos por uma contextualização histórica da Teoria da Gravitação Universal, porque, além da possibilidade de abordar historicamente esse assunto, as três Leis de Newton acabam sendo também trabalhadas. No decorrer da produção dos textos que comporiam o módulo de ensino, percebemos que seria possível trabalhar a Teoria da Gravitação Universal dentro de um contexto mais amplo, que vai além do histórico, ou seja, enxergamos a necessidade de uma contextualização social. Para tanto, escolhemos o tema “satélites” (CRUZ & ZYLBERSZTAJN, 2001). Este tema foi importante pelas possibilidades que oferece de promover pelo menos três tipos de contextualização:

a) social e tecnológica do tema, mostrando a importância e os pontos negativos do uso dos satélites;

b) histórica da ciência (Teoria da Gravitação Universal) que possibilitou a colocação dessas máquinas em órbita;

c) histórica e política, com ênfase nos acontecimentos mundiais do período em que os satélites foram inventados.

De início, tínhamos apenas a consciência que nossos alunos do Ensino Médio tinham dificuldades para aprender as Leis de Newton (TALIM, 1999; PACCA, 1991). Com a revisão de literatura, percebemos a possibilidade de uma contextualização social e histórica de um tema que oferece a possibilidade de se trabalhar, no Ensino Médio, boa parte da Mecânica Clássica (CRUZ & ZYLBERSZTAJN, 2001). Para apresentar o tema – satélites – aos alunos, optamos por utilizar o recurso de multimídia (FIOLHAIS & TRINDADE, 2004). Após estudar alguns recursos computacionais possíveis para organização do material didático, optamos por apresentações no formato *Power Point* (PESSOA FILHO, 2005) por considerá-lo um recurso viável de ser utilizado por professores de Ensino Médio.

O processo de construção dos CDs seguiu (sem muita rigidez) algumas etapas. As mais importantes são:

1. Produção dos textos;
2. Divisão das partes mais importantes dos textos por *slides* e em tópicos;
3. Pesquisa de fotos, filmes e animações e suas inserções nos *slides*;
4. Gravação dos áudios;
5. Inserção das narrações (áudios) nos *slides*;
6. Revisão.

Além dos CDs, preparamos também mais três materiais de apoio ao trabalho do professor: textos com todos os assuntos abordados (ver Apêndices 01 e 02) e um manual para o uso dos CDs (Apêndice 03). Este manual traz instruções de uso e sugestões para utilização dos CDs pelo professor, que tem toda liberdade para aceitá-las, modificá-las ou simplesmente desconsiderá-las. A este conjunto formado pelos CDs, textos e manual do professor, chamamos *Módulo de Ensino de Mecânica Newtoniana com uso de abordagem CTS-Histórica*.

Para construir esse Módulo utilizamos como um dos referenciais teóricos (como visto no capítulo anterior, p. 28), Matthews (1995) no que tange à História da Ciência. Esse autor argumenta em defesa do uso da História da Ciência no ensino (p. 165) e, portanto, guiados por suas idéias construiu-se o Módulo. De alguma forma, nossa expectativa era de produzir um texto sobre história da ciência que estivesse de acordo com os argumentos de Matthews (1995). Citaremos a seguir alguns desses argumentos (coluna da esquerda) seguidos de partes do Módulo (coluna da direita) que produzimos tentando contemplá-los.

Segundo Matthews, (1995) o uso da história da ciência no ensino pode:	Fragmentos do Módulo de Ensino
Tornar a aulas mais desafiadoras e reflexivas;	<i>Se os movimentos violentos exigiam uma causa, o que faria uma pedra continuar se movimentando mesmo depois de perder contato com a mão do lançador? (CD 01, apresentação 02, slide 12; Apêndice 01)</i>
Humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses dos alunos;	<i>É bom que todos saibam que, segundo muitos biógrafos, Kepler era um místico torturado, que chegou às suas descobertas tateando entre o erro e o acerto. Portanto, um homem como tantos outros, como nós mesmos. (CD 01, apresentação 02, slide 68; Apêndice 01)</i>
Favorece uma melhor compreensão dos conceitos científicos;	<i>Newton imaginou um canhão capaz de lançar projéteis a grandes distâncias. Concebeu este canhão colocado em cima de uma montanha e supôs que a resistência do ar fosse desprezível. Se o canhão dispara um projétil com uma certa</i>

	<p><i>velocidade, a bala descreverá um percurso chamado de “movimento balístico” (como descrito por Galileu) no qual o projétil perde altitude até cair na Terra. (CD 01, apresentação 04, slide 25; Apêndice 01)</i></p>
--	---

O *Módulo de Ensino* foi construído pensando na facilitação da aprendizagem de conceitos Físicos pelos alunos. Como acreditamos que os processos de ensino e aprendizagem andam juntos, não podíamos deixar de pensar na utilização do material pelo professor. Por isso, gravamos os áudios e os inserimos nos *slides* de tal forma que o professor possa escolher quando dispará-los ou se preferir ignorá-los optando pela leitura dos tópicos. O recurso das apresentações no formato *Power Point*, também foi pensado, tendo em vista dar mais liberdade de escolha ao professor e por ser este um programa conhecido por muitos. Esse recurso oferece a possibilidade de mudar a ordem de apresentação dos *slides*, pular alguns, repetir outros; enfim, utilizar da forma que achar mais conveniente. Chegamos a estudar outros arquivos computacionais (por exemplo, linguagem de hipertexto) para o mesmo fim, mas consideramos mais interessante as apresentações em *Power Point* pelos motivos acima apresentados.

Para o professor que deseja trabalhar interdisciplinarmente, os CDs podem trazer recursos importantes. Sabemos que os PCNs pregam a interdisciplinaridade (BRASIL, 1999); porém, as escolas funcionam de forma a privilegiar a disciplinaridade. Nosso trabalho pode ser uma saída para que a contextualização e a interdisciplinaridade não sejam apenas chavões ou modismos.

O tema “satélites” traz inúmeras possibilidades de utilização didática. Ele foi abordado no CD-01 por meio de seu uso social. Em seguida foram trabalhados os

tipos de satélites, seus benefícios e desvantagens. A aprendizagem sobre como se coloca um satélite em órbita também foi alvo de nossa preocupação. Para isso, tentamos ensinar a “Física dos satélites” por meio da História da Ciência. Começamos no modelo cosmológico de Aristóteles e Ptolomeu. Galgamos pelos trabalhos de Tycho Brahe e Kepler, que culminou nas três famosas Leis do movimento planetário. A Física galileana foi igualmente importante, pois “uniu o Céu à Terra”, abrindo definitivamente o caminho para Isaac Newton desenvolver a Teoria da Gravitação Universal. Foi Newton o principal responsável pelo desenvolvimento de uma teoria que possibilitou a colocação dos satélites em órbita, por isso, não podíamos deixar de dar uma atenção especial à síntese newtoniana.

Alguns conceitos subjacentes à Teoria da Gravitação Universal foram mencionados, por exemplo, a Conservação da Energia Mecânica (CD 01, Apres. 03, *slide* 17) e Momento Linear (CD 01, Apres. 04, *slide* 15). Se o professor desejar pode aproveitar os “ganchos” e trabalhar estes conteúdos separadamente. Não foi dada grande atenção a estes assuntos por fugirem do objetivo central da parte científica do material, que é a aprendizagem de como se coloca um satélite em órbita. Para tanto, a Teoria da Gravitação Universal foi suficiente.

Depois de trabalhados alguns conceitos da Física newtoniana, esperamos que os alunos tenham adquirido uma boa idéia de como são os mecanismos de colocação de um satélite em órbita, mas ainda existem algumas questões importantes. Por que o homem quis observar a Terra do alto? O que motivou os grandes investimentos na tecnologia espacial? Estas perguntas serão respondidas com a apresentação do CD 02. A abordagem do contexto histórico da invenção dos satélites começa na Revolução Russa. Foi ela quem deu o pontapé inicial para a bipolarização do mundo entre comunistas e capitalistas, possibilitando o surgimento

da Guerra Fria. Durante este período, houve desavenças políticas e ideológicas entre soviéticos e americanos e quem conquistasse primeiro o espaço diria ao mundo que seu regime era o mais capaz. Foi nesta corrida espacial que os primeiros satélites foram construídos. Entre a Revolução Russa (que ocorreu durante a Primeira Guerra Mundial) e a Guerra Fria, houve a Segunda Grande Guerra, assunto que também é abordado neste CD. A vitória dos aliados (entre eles americanos e russos) sobre o eixo (liderado pela Alemanha) nestes conflitos, possibilitou o confisco dos tão avançados aparatos tecnológicos alemães após a derrota de Hitler, dentre eles os foguetes V-2 que tinham sido construídos com trabalho escravo nos campos de concentração. Estes mísseis transformaram-se em veículos lançadores de satélites americanos. Além da contribuição dos V-2, a Alemanha ainda influenciou na corrida espacial devido aos serviços prestados pelos cientistas deste país aos Estados Unidos e à União Soviética após o fim da Segunda Guerra Mundial. Em outras palavras, a invenção dos satélites teve grande participação (de forma indireta, mas decisiva) da Alemanha e da mão-de-obra escrava judia nos campos de concentração. Isso justifica a inserção da história, não só deste país nos CDs, mas também a abordagem do contexto histórico mundial, principalmente no que tange à Segunda Grande Guerra.

Como se pode perceber, para que os alunos conheçam bem o tema “satélites”, eles precisam aprender diferentes conteúdos disciplinares, entre eles a Física. É este o nosso objetivo, facilitar a aprendizagem da mecânica newtoniana (assunto estudado no primeiro ano do Ensino Médio), utilizando para isso a História Geral, a História da Ciência e a Filosofia (dentre outros). Considerando a dificuldade que nossos alunos do Ensino Médio têm para aprender mecânica, este trabalho

pode contribuir para a aprendizagem, promovendo a contextualização e a interdisciplinaridade.

Foi pensando na aprendizagem dos alunos que construímos este material. Para colhermos opiniões sobre a sua importância, pedimos que dois professores o avaliassem e fizemos uma entrevistas com esses profissionais. O próximo capítulo tratará justamente do impacto do material junto aos professores.

Capítulo 5

Avaliação do Módulo

A produção do Módulo de Ensino demandou grande esforço e dedicação de nossa parte e foi muito interessante e motivante. Para a realização deste trabalho, foi necessária uma grande pesquisa bibliográfica para produção dos textos. Pesquisamos também na internet em CDs de outros autores com objetivo de aquisição de fotos e filmes. Investimos bastante tempo e esforços para montagem dos *slides* e gravação dos áudios. Isso foi muito produtivo para nós, pois aprendemos muito, principalmente, sobre história da humanidade e da ciência.

Terminada a fase de produção do material, ou seja, terminados os CDs, o prazo para o término da pesquisa já estava quase esgotando, então, optamos por colhermos a opinião de poucos professores sobre o material. Sabemos que o tempo para a realização de um trabalho de mestrado é relativamente curto e pretendemos futuramente continuar essa pesquisa. Assim, o tempo que nos restou só permitiu fazermos um levantamento da opinião de dois professores.

Durante nosso planejamento da pesquisa, queríamos entrevistar dois professores de Física e um de História. O material foi entregue para esses três professores e foi negociado um prazo para que estes o analisassem, trazendo comentários e sugestões que seriam discutidos durante entrevistas previamente marcadas. Os professores de Física foram entrevistados, por terem analisado o material como combinado, o que não ocorreu com o professor de História. Restou-nos então, como única opção, entrevistar apenas os dois professores de Física.

Planejamos uma *Entrevista Semi-Estruturada* (conforme LAVILLE & DIONNE, 1999, p. 188), na qual as questões são preparadas antecipadamente e há plena liberdade quanto à ordem ou ao acréscimo eventual de algumas perguntas. Durante a entrevista, o entrevistador ouvia os professores e, conforme os objetivos, pedia esclarecimentos ao(s) entrevistado(s), ou seja, o entrevistador praticava o denominado “*follow-up*”. Isso enriquecia a conversa e, além de motivar o entrevistado, complementava os dados.

Como mencionado anteriormente, entregamos os CDs aos professores (Celina e Rodrigo – nomes fictícios) com bastante antecedência e marcamos o encontro para a entrevista que ocorreu em uma escola da rede pública de ensino do Distrito Federal. A entrevista teve como protocolo as perguntas básicas:

- 1) O que acharam do material?
- 2) Vocês usariam este material em sala? Por que?
- 3) Quais as sugestões para melhoria e uso do material?

A partir dessas perguntas básicas a entrevista com os professores foi gravada. Preferimos chamar as entrevistas de conversa, uma vez que elas ocorreram em um clima bastante descontraído e espontâneo, o que produziu dados bastante ricos.

Rodrigo, um dos professores objeto deste estudo, tem doze anos de experiência no magistério, sendo sete como professor de Física licenciado e iniciou sua carreira como integrante da direção de uma escola de nível médio (em 1994), onde trabalhou por cinco anos. Após esta experiência ministrou, por um ano, aulas de Matemática para o Ensino Fundamental. A partir de então, só trabalhou como professor de Física para as três séries do Ensino Médio. Atualmente, continua em sala de aula de Física em uma escola da rede pública do Distrito Federal.

Celina é licenciada em Matemática com habilitação em Física. Lecionou Matemática e Ciências por dezenove anos, para turmas de quinta a oitava séries do Ensino Fundamental. Trabalhou por seis anos como professora de Física no Ensino Médio numa escola onde foi também vice-diretora. Atualmente, ministra aulas de Física e faz mestrado em educação na área de Trabalho Pedagógico e Aprendizagem.

As afirmações desses professores durante a entrevista mostram que o material foi bem aceito e que eles gostariam de usá-lo em suas aulas, acreditando que seja um ótimo material didático. Por exemplo, um dos entrevistados (RODRIGO) afirmou que o material era bastante elucidativo e muito diversificado.

A abordagem interdisciplinar do material chamou muito a atenção dos professores, sugerindo ser justamente este um dos pontos mais altos do material.

Em relação ao conteúdo, achei bem explanado e os enfoques também diversificados, em relação às disciplinas, ou seja, interdisciplinar, que pega o contexto histórico desde o início e leva o aluno a formar uma ideologia até o lançamento de satélites, de forma ordenada (RODRIGO).

Quando indagado sobre se quando usava o termo “contexto histórico”, referindo-se à história da Física, o professor Rodrigo respondeu afirmativamente. Novamente, no restante de sua fala ele deixou transparecer o que considerava uma das grandes vantagens do Módulo: a interdisciplinaridade. Essa opinião pôde ser notada em vários momentos das entrevistas e reforçada por ambos os professores.

E também tem a parte Física, Sociológica e Filosófica no CD, dá para ser integrado para uma visão geral sobre o assunto que é o lançamento de satélites. (...) Em questão de conteúdo para o aluno, o CD é riquíssimo, não só em relação à Física, mas no contexto em geral (RODRIGO).

Percebemos uma grande satisfação desses professores em conhecer nossa proposta, uma vez que eles demonstraram uma expectativa de terem, com este trabalho, uma possibilidade de colocar em prática a interdisciplinaridade.

Nós ficamos encantados aqui na escola com este trabalho, ficamos bem entusiasmados. Podemos trabalhar História, Filosofia, Sociologia, Física. (...) Então, é um recurso riquíssimo para se trabalhar entre as disciplinas. Existe uma carência de material didático que aborda essas coisas, quer dizer, a gente não encontra coisas sobre história da ciência, ou sobre história em geral nos livros de Física. Quando a gente vê história, é no cantinho, pouquinho e muitas vezes distorcido. Eu vejo que seu trabalho estimula a discussão entre as áreas, coisa que não existe nos livros didáticos (CELINA).

Este entusiasmo que disseram ter deixou-nos esperançosos com relação ao uso do material em sala de aula. Algo que pudemos observar nesta fala da professora foi que uma das vantagens do material é o fornecimento de algumas interfaces entre as disciplinas. Ela reconheceu que os materiais didáticos convencionais não oferecem tal recurso, por esta razão seu entusiasmo com nosso Módulo de Ensino.

Durante as entrevistas também foi evidenciado que o material seria bastante produtivo para ser usado durante a formação de professores. Para os entrevistados, o poder motivador dos CDs é tal que esse deveria ser usado tanto na formação inicial, quanto durante a formação continuada de professores. Durante a entrevista a professora Celina disse acreditar que o material também é capaz de estimular a aprendizagem dos professores para questões históricas e filosóficas.

(...) é um aprendizado também para o professor. Acho que vai despertar o interesse do professor para outras coisas e também para ele enxergar como a Física se relaciona com a História, com as questões Filosóficas (CELINA).

Juntamente com uma crítica à sua formação acadêmica, a professora Celina ressaltou a importância da contextualização histórica mostrada nos *slides* e, mais

uma vez, destacou a importância da abordagem interdisciplinar para sua formação continuada.

Em meu curso de graduação, a Física que tive foi baseada nas teorias e a questão de aplicação em problemas voltados especificamente para a Física. Não se discutia aplicação nem contexto histórico, nem da própria ciência muito menos histórico no sentido de História da Humanidade. Então este seu trabalho, para mim, e acredito que para outros professores, é muito rico por isso. Eu aprendo assistindo o seu trabalho. Então, para quem não tem tempo de estar lendo, ou não tem acesso a obras deste tipo, é muito importante, vejo que é um aprendizado também para o professor. Acho que vai despertar o interesse do professor para outras coisas e também para ele enxergar como a Física se relaciona com a História, com as questões Filosóficas, que a Física não é uma coisa que saiu da cabeça de alguém, assim, de uma hora para outra. Tem toda uma História de evolução (CELINA).

Dentro das avaliações feitas pelos entrevistados, foram surgindo idéias para melhoria do material e do seu uso. A primeira delas refere-se a uma possível divisão das apresentações de *Power Point*. Para uma melhor adequação, o entrevistado sugeriu que, ao fim de cada apresentação, os dez minutos finais da aula fossem reservados para discussões.

(...) mas ele teria que se adequar ao horário de aula, de uns 40 minutos cada tópico (RODRIGO).

É necessário ressaltar que preparamos um material sem seqüência rígida. É um material flexível que pode ser utilizado pelo professor conforme suas necessidades e seus objetivos de ensino-aprendizagem. O Módulo, sob hipótese alguma deve tolher as intenções do professor, pelo contrário, a idéia é que ele tenha em mãos um recurso com um alto poder de adequação à dinâmica do seu trabalho. Em nossa visão, o material deve estimular a discussão no grupo de alunos e, por isso, o professor pode e deve parar e/ou começar pelo *slide* que bem desejar. O material é dinâmico, pois dificilmente o professor saberá quanto tempo durará cada discussão e, quando se planejou o material também tinha-se em mente que não há

como contemplar as peculiaridades de cada turma. Há turmas que participam mais e outras menos, eis um motivo que justifica a não divisão das apresentações.

Na opinião da professora Celina, a divisão dos *slides*, conforme sugerido pelo professor Rodrigo não é viável, pelo menos a princípio.

A questão de tempo no trabalho, tem partes longas, mas dividir é aquela questão assim, às vezes os alunos comentam tanto que a aula fica longa. O que você pensava que daria uma aula acaba ficando maior do que você esperava (...) Eu acho um pouco difícil isso, querer que fique tão certinho o tempo. Com o tempo, com o uso, a gente poderia até chegar num ponto ótimo, mas sem testar com o aluno, fica difícil saber quanto tempo vai levar.

A nosso ver, uma das sugestões mais importantes foi feita pela professora Celina. Ela sugere que se divida o contexto histórico (CD 02) em várias partes e que para cada uma delas tenha um título chamativo.

Sugiro que faça um título mais chamativo. Você poderia ter um slide inicial, apresentando as partes dele, a autoria (...) Antes, tem que dizer o autor, a instituição, orientador, narrador. A bibliografia, eu sugiro que vá ao final de cada parte. Você poderia sugerir alguns livros. Você poderia dividir o CD-02 em "Revolução Russa", "Primeira Guerra", "Segunda Guerra" e "Guerra Fria" (CELINA).

Além dessas sugestões, os entrevistados questionaram a possibilidade dos áudios serem disparados automaticamente, logo após a mudança de um para outro *slide*.

Coloque isso [a informação de que se deve, na maioria das vezes, clicar no auto-falante para disparar o áudio] na ficha técnica. Deixe assim, [a necessidade de clicar no auto-falante para disparar o áudio] então, é mais lógico (CELINA).

É necessário ressaltar que existe a possibilidade de disparo automático do áudio, no entanto, a nosso ver, isso tolheria a liberdade de uso do material. Com o áudio disparado por meio de um clique, no ícone do auto-falante, o professor fica com a possibilidade de discutir antes da disparada do áudio ou até mesmo abrir mão

do som quando assim achar melhor. Isso seria impossível caso o áudio fosse disparado automaticamente com a apresentação do *slide*.

Os professores foram bastante solícitos com o pedido de trazerem sugestões para utilização do material. Por exemplo, Celina levou para a entrevista anotações que continham um grande número de pequenas críticas e sugestões para melhoria do material, como:

- *Contexto histórico é muito grande (mais de quatro horas). É possível dividi-lo em duas partes?*
- *Colocar o auto-falante sempre do mesmo lado do slide para não ficar procurando. Dê preferência, juntar a voz ao slide de modo a não precisar clicar sobre o auto-falante;*
- *As citações e referências aparecem de várias maneiras.*

Observamos também que os entrevistados desenvolveram propostas metodológicas para uso do material em sala. Por exemplo, Celina afirmou que consegue ver várias formas de utilizar os CDs.

A gente vê mais de uma maneira de aproveitar este trabalho. Bom, esta é uma maneira, o professor usar projetando para todos os alunos. Outra maneira seria eles estudarem em casa, terem acesso para comprar, o professor mandar fazer uma pesquisa, estudar pelos slides. E até porque se não der para ver tudo em sala, o aluno tem chance de ver em casa, rever, é para ele uma fonte de estudo, pesquisa, quando ele quiser. Uma maneira de trabalhar seria fazendo perguntas que ele precise responder por meio do que está no CD (CELINA).

O acesso ao material por parte dos alunos foi uma idéia recorrente entre os dois professores.

Seria valoroso para o aluno ter acesso a este conteúdo, a este programa. Seria tipo um complemento para o conteúdo dado em sala, porque nós trabalhamos de forma interdisciplinar (RODRIGO).

O material poderia ser entregue aos alunos, no entanto, acreditamos que o professor ainda se faz necessário para orientá-los e chamar atenção para os pontos mais relevantes do conteúdo dos CDs. Portanto, acreditamos que o professor ainda

é imprescindível para levar o material para a sala e discutir com os alunos o seu conteúdo. A menos que o aluno esteja muito motivado para aprender sozinho, somos de opinião que a discussão entre os alunos e o professor ainda é o grande gatilho da aprendizagem.

De uma forma geral, observou-se que o material foi bem aceito pelos entrevistados. Eles concordaram sobre a importância da aplicação dos CDs com os alunos. Talvez este número de professores não seja uma amostra significativa do grupo. São necessárias outras pesquisas, com enfoque diferente desta, que venha contemplar pontos que este trabalho, por uma questão de tempo, não pôde abordar.

Capítulo 6

Considerações finais

Essa dissertação descreveu o planejamento, produção e avaliação do material didático *Módulo de Ensino de Mecânica Newtoniana com uso de abordagem CTS-Histórica*. O processo de concepção, da definição do trabalho até a construção e apreciação dos CDs, pode ser identificado resumidamente a partir das seguintes etapas:

1. Produção dos textos;
2. Divisão dos textos por *slides* e em tópicos;
3. Pesquisa de fotos, filmes e animações e suas inserções nos *slides*;
4. Gravação dos áudios;
5. Inserção das narrações (áudios) nos *slides*;
6. Produção das orientações para o professor;
7. Avaliação do material.

A produção dos textos foi feita a partir de uma profunda pesquisa bibliográfica, ou seja, foram consultados diferentes livros escritos por diversos autores. Além dos livros foram consultados também CDs de outros autores, sites da internet e periódicos científicos. No caso do CD 01, a literatura consultada baseou-se em livros e CDs sobre satélites. Foram consultados também livros de história da ciência. Para o CD 02, utilizamos basicamente livros de História Geral e algumas publicações específicas sobre momentos históricos, como Revolução Russa, Guerra Fria e sobre a ciência e a tecnologia alemãs da Segunda Grande Guerra. Muitos

arquivos e quase todos os filmes utilizados na produção do material foram obtidos a partir dos CDs produzidos por Pessoa Filho (2005).

Sentimos certa dificuldade para a produção dos textos do CD 02. Mesmo não sendo profundos conhecedores de história da ciência tínhamos uma boa idéia de onde procurar os textos. Já no caso de História Geral (Revolução Russa, Primeira e Segunda Guerra Mundial e Guerra Fria) partiu-se praticamente do zero por nunca tê-la estudado com tamanha profundidade. Assim, iniciou-se o processo de produção dos textos para o CD 02, com uma profunda pesquisa.

Apesar das dificuldades encontradas, a produção do material deu-nos imenso prazer e ficamos satisfeitos em aprender História Geral para abordá-la nos CDs. Após passar pelo processo de estudar em profundidade História Geral, desde a Revolução Russa (1917) até a queda do Muro de Berlim (1989) e o fim da União Soviética, passando pelo desenvolvimento da tecnologia dos satélites e ainda estudamos a história da Mecânica Clássica, acreditamos que essa história dará novos significados à ciência a ser aprendida. É necessário ressaltar que esses estudos nos deram esses novos significados e, assim, aprendemos muito com a produção dos CDs.

Outro ponto importante é que este Módulo deve ser encarado como um trabalho que ainda requer revisões reformulações e que, em sala de aula o professor tenha possibilidades de enriquecer suas aulas a partir do conteúdo deste material. Pretendemos, após o término dessa pesquisa, retomar o trabalho com o Módulo no intuito de aperfeiçoá-lo, tornando-o mais útil para o professor e conseqüentemente para o aluno.

Como foi visto, no capítulo anterior, os CDs foram avaliados por professores. Para isso, foi planejada uma entrevista com dois professores de Física do Ensino

Médio – professores em potencial para uso deste tipo de material. A consulta a eles foi feita por meio de uma *Entrevista Semi-Estruturada*.

É importante lembrar que depois de terminada a elaboração do módulo, o tempo restante para conclusão do trabalho estava se esgotando, daí a opção por uma avaliação feita por dois professores, como mostrada no capítulo anterior. Sabemos que uma avaliação dessa natureza não possibilita que se tirem conclusões válidas. Por isso não chamaremos nossa análise final de conclusões, pois ela fornece apenas indícios de aceitação do material pelos professores.

É de opinião dos professores que o Módulo:

- é viável para ser utilizado em sala de aula;
- tem qualidade didática apropriada;
- é contextualizado e interdisciplinarmente e epistemologicamente fundamentado, qualidades que não observamos nos livros didáticos.

É necessário ressaltar que, durante a entrevista, os professores afirmaram que o material:

- seria por eles utilizado em suas salas de aula;
- é apropriado para trabalhar as interfaces entre as disciplinas;
- é útil tanto para uso com alunos no Ensino Médio quanto para ser usado durante a formação continuada de professores;
- desperta o interesse para outros aspectos além da Física, como a História da Ciência e a Sociologia; e
- pode também ser usado fora da sala de aula.

O obstáculo do pouco tempo para fazer esse trabalho de produção e teste do material didático (como discutido anteriormente) acabou levando a um dos pontos

fracos desse trabalho: a falta de uma avaliação mais aprofundada com um número maior e mais diversificado de professores que pudessem avaliar o material didático.

É necessário ressaltar que consideramos interessante que a apreciação do material envolvesse não só os professores, mas também os alunos. Este envolvimento poderia se dar por meio de um trabalho de pesquisa que pudesse ser feito na sala de aula onde o material fosse usado. A partir de um trabalho em sala, com alunos usando o material, teríamos mais elementos para uma avaliação mais profunda.

A partir da avaliação do material, percebeu-se que os professores entrevistados, também estão dispostos a mudar suas práticas, abandonando a mera transmissão do conhecimento e favorecendo a discussão. Constatou-se que os professores estão ávidos por novos materiais didáticos que os ajudem a modificar suas práticas. Assim, sugere-se que mais pesquisadores trabalhem mais de perto com os professores na preparação do trabalho da sala de aula e na elaboração de materiais didáticos.

Finalizando, com esse trabalho se sentiu a necessidade de se ter uma visão para além da Física, uma visão que englobe História, Sociologia, Biologia, Filosofia, Português etc. Uma visão de Física não como uma ilha, mas como uma das partes de uma grande rede de conhecimento, uma visão interdisciplinar, para não dizer transdisciplinar. Por que não usar História, Geografia, Arte e Poesia na sala de aula de Física como visto no material aqui estudado? Por que não se ter Filosofia e Sociologia em aulas de Física? É só com um trabalho deste tipo em sala de aula que os alunos conseguirão contextualizar e dar significado à Física e entender a necessidade de estudá-la e que diferença ela faz na vida de cada um.

Referências bibliográficas

ARISTÓTELES. **Política**. Tradução de Therezinha Monteiro Deutsch e Baby Abrão. São Paulo: Nova Cultural, 2000. Livro III, cap 1.

BARRA, Eduardo S. O. **Modelos da mudança científica**: Subsídios Para as Analogias Entre História da Ciência e o Ensino de Ciências. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, ago. 1993. Volume 10, n. 2: p. 118-127

BASTOS, Fernando. **História da ciência e pesquisa em ensino de ciências**: breves considerações. In: NARDI, R. (org), Educação para a ciência: Questões atuais no Ensino de Ciências. Escrituras Editora: São Paulo, 1998. Volume 2, p. 43-52.

BAZZO, Walter. A. **Ciência, tecnologia e sociedade e o contexto da educação tecnológica**, Florianópolis 1998. Disponível em <<http://www.campus-oei.org/salactsi/walter01.htm>>, acesso em: 06 de janeiro de 2006.

BORGES, Regina M. R. **Em debate: cientificidade e a educação em ciências**. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996. Disponível em <<http://www.bibdigital.pucrs.br/bibdigital/acervo/debate.pdf>>, acesso em: 07 de abril de 2006.

BRASIL. Lei nº 9394 – 20 de dezembro de 1996. **Diretrizes e Bases da Educação Nacional**. Editora do Brasil, 1996.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ensino Médio. Brasília, 1999.

CASTRO, Ruth. S. e CARVALHO, Ana M. P. **História da ciência:** investigando como usá-la num curso de 2º grau. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, dez. 1992. Volume 9, n. 3: p. 225-237

CHASSOT. Attico. **Alfabetização científica.** Questões e Desafios para a Educação. 2ª Edição. Editora Unijuí, Rio Grande do Sul, 2001.

CRUZ, Sônia M.S.C.S.; ZYLBERSZTAJN, Arden. **O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos.** In: PIETROCOLA, Maurício. (Org.) Ensino de Física: conteúdo e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis, Ed. da UFSC, 2001.

CULPANI, Alberto. **A objetividade científica como problema filosófico.** Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, jun. 1989. Número 6 (Número especial): pág. 18-29

FIOLHAIS, Carlos. TRINDADE Jorge A. **Física para todos – Concepções erradas em mecânica e estratégias computacionais.** Lisboa, 2004. Disponível em <<http://nautilus.fis.uc.pt/personal/cfiolhais/>> , acesso em: 24 de setembro de 2005.

GERRA, Andréia, et al. **A Interdisciplinaridade no ensino das ciências a partir de uma perspectiva histórico-filosófica.** Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, abr., 1998. Volume 15, n. 1, p. 32 - 43.

HARRES, João B. S. **Desenvolvimento histórico da dinâmica:** referente para a evolução das concepções dos estudantes sobre força e movimento. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação de Ciências. ABRAPEC: Porto Alegre, 2002. 2(2): 89-101

KRASILCHICK, Myriam. **O professor e o currículo das ciências.** São Paulo, ed. Edusp, 1987. Cap. 1 e 2, p. 05-41.

KUHN, T. S. **A Estrutura das revoluções científicas**. Trad. Beatriz Vianna e Nelson Boeira. 8ª Edição. São Paulo, ed. Perspectiva, 2003.

LAVILLE, Cristian & DIONNE, Jean. **A construção do saber**. Manual de metodologia da Pesquisa em Ciências Humanas. Trad. Heloísa Monteiro e Francisco Settineri. Adaptação Lana Mara Siman. Belo Horizonte, ed. UFMG, 1999.

LOPES, Alice R. C. **Conhecimento escolar em foco: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro, ed. Eduerj, 1999.

MARTINS, Roberto de A. **Sobre o papel da história da ciência no ensino**. São Paulo, 1990. Disponível em <<http://ghc.ifci.unicamp.br/ram-42.pdf>, > , acesso em: 15 de maio de 2005.

MATTHEWS, Michael R. **História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação**. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, dez., 1995. Volume 12, n. 3, p. 164 - 198.

MOREIRA, Marco A. e OSTERMANN, Fernanda. **Sobre o ensino do método científico**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, ago. 1993. Volume 10, n. 2: p. 108-117.

NERSESSIAN, N.J. Conceptual Change in Science and in Science Education. Synthese, 80: 163-183, 1989.

NEVES, Marcos C. D. **O resgate de uma história para o ensino de Física**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, dez. 1992. v. 9, n. 3: p. 215-224.

PACCA, Jesuína L. A. **O Ensino da lei da inércia**: Dificuldades do planejamento. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, ago. 1991. v. 8, n. 2: p. 99-115.

PEDUZZI, Luiz O. Q. **Física aristotélica**: por que não considerá-la no ensino da mecânica? Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, abr. 1996. Volume 13, n. 1, p. 48-63.

PEDUZZI, Luiz O. Q. **Sobre a utilização didática da História da Ciência**. PIETROCOLA, Maurício (Org.). *Ensino de Física*: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis, ed. UFSC, 2001 a.

PEDUZZI, Sônia S. **Concepções alternativas em Mecânica**. PIETROCOLA, Maurício (Org.) *Ensino de Física*: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis, ed. UFSC, 2001 b.

PESSOA FILHO, José Bezerra. **Satélites e suas aplicações**. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola, CD-ROM.

PESSOA FILHO, José Bezerra. **O contexto histórico da corrida espacial**. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola, CD-ROM.

PESSOA FILHO, José Bezerra. **O veículo lançador de satélites (VLS)**. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola, CD-ROM.

PESSOA FILHO, José Bezerra. **Os benefícios da corrida espacial para a humanidade**. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola, CD-ROM.

PIAGET, J., GARCIA, R. **Psicogênese e História das Ciências**. Lisboa: Dom Quixote, 1987.

PIETROCOLA, Maurício. **Construção da realidade:** o papel do conhecimento físico no entendimento do mundo. PIETROCOLA, Maurício (Org.). *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Florianópolis, ed. UFSC, 2001.

RAMOS, Maurivan G. **Epistemologia e ensino de ciências:** compreensão e perspectivas. In: MORAES, R. (Org.) *Construtivismo e o ensino de Ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*. Porto Alegre, ed. Edipucrs, 2000.

SANTOS, Wildson. L. P.; MORTIMER, Eduardo. F. **Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (ciência-tecnologia-sociedade) no contexto da educação brasileira.** Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências. Minas Gerais, dez.2000. v. 2, n. 2, 133-162

SANTOS, Wildson L. P. e SCHNETZLER, Roseli. P. **Educação em Química – Compromisso com a Cidadania.** 3ª Edição, Rio Grande do Sul, ed. Unijuí, 2003.

SILVA, Cibelle C. e MARTINS, Roberto de A. **A Teoria da Cores de Newton:** Um exemplo do uso da História da Ciência em sala de aula. *Revista Ciência & Educação*. São Paulo, 2003. Volume 9, nº 1, p. 53-65.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA. **Física para o Brasil:** Pensando o Futuro. O desenvolvimento da física e sua inserção na vida social e econômica do país. Editores: Alaor Chaves e Ronald Cintra Shellard. São Paulo, 2005.

TALIM, Sérgio L. **Dificuldades de aprendizagem da Terceira Lei de Newton.** *Caderno Catarinense de Ensino de Física*. Florianópolis, ago. 1999. Volume 16, n. 2, p. 143-153.

TEODORO, Sandra R. e NARDI, Roberto. **A história da ciência e as concepções alternativas de estudantes como subsídios para o planejamento de um curso sobre atração gravitacional.** In: NARDI, R.

(org), Educação para a ciência: Educação em Ciências da pesquisa à prática docente. Escrituras Editora: São Paulo, 2001. Vol 3, p. 57-68.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Resolução PPGEC nº 02/2004, de 03 de dezembro de 2004. Disponível em http://www.unb.br/ppgec/normas/resolucao_022004.doc , acesso em: 01 de junho de 2006.

ZIMMERMANN, E. **Structure and Development of Science Teachers' Models of Pedagogy**: Implications for Teacher Education. In: John K. Gilbert; Carol Boulter - *Models and Modeling in Science and Technology Education*: ed. 1 ed., Kluwer, v. 1, p. 254-279, 2000.

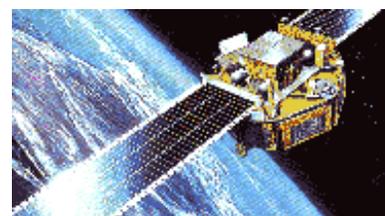
APÊNDICE A

Textos do CD 01

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Física
Instituto de Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS



Satélites



Texto integrante de Dissertação realizada sob orientação da Prof^a. Dr^a. Erika Zimmermann, apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília e intitulada MÓDULO DE ENSINO DE MECÂNICA NEWTONIANA COM USO DE ABORDAGEM CTS - HISTÓRICA.

RÓBER CARLOS BARBOSA DUARTE

BRASÍLIA – DF, agosto de 2006

SATÉLITES

1. Abertura

Você sabe o que é um satélite?

Satélites são corpos celestes que giram ao redor de um outro corpo maior, ou seja, são corpos que orbitam em torno de um outro corpo celeste. Um exemplo de satélite é a Lua, pois ela gira ao redor Terra.



Terra e Lua. Imagem composta por computador mostrando a Terra e a Lua contra o fundo estrelado. A imagem da Terra é derivada de uma fotografia tirada durante a missão da Apollo 17 em dezembro de 1972, enquanto que a imagem da Lua foi feita durante a missão da Apollo 11 em julho de 1969.



Júpiter e suas luas. Da esquerda temos Europa, Calisto, Ganimedes e Io. As luas de Júpiter são bastante grandes, Ganimedes, por exemplo, é maior que Mercúrio. Essas quatro luas foram descobertas por Galileu em 1610 usando uma das primeiras lunetas conhecidas. Fonte: <<http://www.sciencephoto.com>>

Um dos primeiros homens a descobrir a existência de outros satélites naturais, que não a Lua, foi Galileu Galilei, em 1610 usando uma das primeiras lunetas conhecidas. Ele observou quatro dos inúmeros satélites naturais de Júpiter: Ganimedes, Io, Europa e Calisto.

Você sabe para que servem os satélites artificiais?

O avanço da tecnologia levou o homem a colocar em órbita satélites artificiais, como são os de comunicação que nos mandam imagens de TV, por exemplo. Hoje em dia temos muitos satélites artificiais orbitando a Terra com a missão de receber e enviar mensagens.

Devido a suas funções, os satélites podem ser classificados como: Satélites Astronômicos, de Comunicação, Meteorológicos, Militares, de Navegação e de Levantamento de Recursos Terrestres.

1.1. Satélites Astronômicos

Os satélites astronômicos fornecem informações sobre o espaço que não podem ser obtidas da Terra. A atmosfera terrestre absorve parte da luz e de outras radiações que vêm dos astros, dificultando muitas observações na superfície, mas fora dela, estes satélites podem observar melhor o espaço. Eles estudam também o campo magnético da Terra, seus cinturões de radiação e o vento solar. Detectam a radiação de estrelas e galáxias distantes, incluindo raios gama e ultravioleta, raios X e radiação infravermelha. Com frequência, obtêm informações sobre objetos como quasares, nuvens de gás invisíveis, buracos negros e o resto de explosões de estrelas.¹

Exemplos de Satélites Astronômicos



Telescópio Newton
(Raio - x e multi-espelho) . É um telescópio da Agência Espacial Europeia e opera para estudar fenômenos de alta energia como super-novas e buracos negros. Fonte: <<http://www.sciencephoto.com/images/imagePopUpDetails.html>>



Hubble
Fonte: <<http://www.observatorio.ufmg.br/hubble.htm>>

¹ O Espaço (CD ROM produzido pela Editora Globo), extraído de PESSOA FILHO, 2005.

1.2. Satélites de comunicação

Quase todos os satélites de comunicação ficam em órbitas geoestacionárias, ou seja, estão sempre acima do mesmo ponto da Terra. Estações na superfície enviam sinais de telefone e TV para o satélite que o retransmite para outras estações. Os satélites podem enviar sinais para um continente inteiro ou apenas para áreas determinadas. Satélites de retransmissão enviam sinais de TV para antenas domésticas ou para aparelhos ligados por cabo a receptores maiores. ²



A primeira transmissão de TV ocorreu no dia 11 de julho de 1962 entre os EUA e a França, por meio do satélite TelStar



77 kg, 0,88cm de diâmetro (PESSOA FILHO, 2005)

1.3. Satélites Meteorológicos

Há dois tipos de satélites meteorológicos: os de órbita geoestacionária, que observam constantemente cerca de um terço da Terra, e os de órbita polar (contornam a Terra passando acima dos pólos), que conseguem cobrir toda a superfície uma vez a cada 12 horas. Os satélites meteorológicos medem temperaturas, registram velocidades do vento e movimentos das nuvens e fotografam nuvens de chuva, ajudando os meteorologistas a prever o tempo. ³



Satélite Tiros
É um satélite meteorológico. Objetivava testar e provar o uso de satélites para previsão de tempo. Foi desenvolvido pela NASA e lançado em 01/04/1960. Operou por 78 dias. Tinha 1 metro de diâmetro e 0,5 metro de altura. Sua massa era cerca de 120 kg. Estrutura feita de alumínio e aço inox. Coberto com 9200 células solares. Transmitiu 22.952 fotografias⁴.



Fotografia das nuvens sobre parte da América do Sul. Essas fotos de satélites ajudam os meteorologistas a prever o tempo. Fonte: <http://reia.inmet.gov.br/imgsatelite/index3x.php?tipo=asiv&titulo=América%20do%20Sul%20Infravermelho>.

1.4. Satélites Militares

Satélites são plataformas ideais para missões de espionagem. Alguns levam câmeras poderosas para registrar posições militares e movimentos de tropas. Satélites de alerta antecipado procuram possíveis lançamentos de mísseis inimigos. Outros gravam comunicações. Os satélites espiões, porém, podem ser atacados por mísseis lançados da terra ou por satélites assassinos. ⁵

Se você acha que os satélites espiões só têm funções militares, leia a reportagem a seguir e descubra para que mais eles servem.



Foto tirada em 22 agosto de 2003 pelo Satélite Ikonos II. <www.spaceimaging.com>.

² O Espaço (CD ROM produzido pela Editora Globo), extraído de PESSOA FILHO, 2005.

³ O Espaço (CD ROM produzido pela Editora Globo), extraído de PESSOA FILHO, 2005.

⁴ PESSOA FILHO, 2005.

⁵ O Espaço (CD ROM produzido pela Editora Globo), extraído de PESSOA FILHO, 2005.



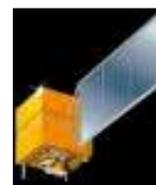
Fonte: O Globo, 31 de julho de 2003, Extraído de PESSOA FILHO, 2005.

1.5. Satélites de Levantamento de Recursos Terrestres

Os satélites de levantamento de recursos terrestres estudam as condições da superfície do planeta. Fornecem dados para confecção de mapas, pesquisas geológicas, mineração e exploração de petróleo. Registram colheitas, locais onde as plantas crescem menos e áreas atingidas por pestes como gafanhotos. Detectam vazamentos de petróleo, incêndios florestais, destruição das florestas tropicais e poluição no ar e no mar.⁶



SCD-1, satélite brasileiro.
<<http://inventabrasilnet.15.com.br/satscd.htm>>.



CBERS: Satélite Sino-Brasileiro
<<http://www.sat.cnpq.br/braja.br/satelite/cbers.htm>>.

1.6. Satélites de Navegação

Uma rede de satélites de navegação mundial permite que uma pessoa determine sua posição com erro de poucos metros. O sistema americano de posicionamento global Navstar usa 24 satélites. Cada um transmite sua posição e hora. Na superfície, o receptor usa os sinais de quatro satélites para calcular sua própria posição, altura e velocidade. Desenvolvido para uso militar, o sistema hoje também pode ser usado por veículos comerciais.⁷



Fonte: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM).

Muitos satélites que estão sobrevoando a Terra têm como objetivo fazer sensoriamento remoto, ou seja, observação da superfície terrestre de longe, (por isso, remoto – como o controle remoto da TV) por meio de um sensor, para as pesquisas científicas em geral.

Com vários tipos e funções, velocidades e trajetórias existem hoje quase 500 satélites em órbita da Terra (foto abaixo). Em noites claras você é capaz de enxergar os que estão mais próximos de nosso planeta.

⁶ O Espaço (CD ROM produzido pela Editora Globo), extraído de PESSOA FILHO, 2005.

⁷ O Espaço (CD ROM produzido pela Editora Globo), extraído de PESSOA FILHO, 2005.



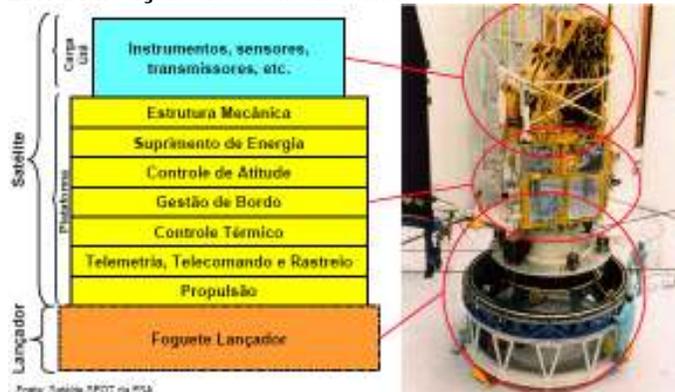
Os mais de 500 satélites em órbita na Terra

Na área da meteorologia os satélites podem, por exemplo, auxiliar-nos a fazer a previsão do tempo e do clima de forma bem mais precisa do que as que eram feitas antes dessa tecnologia. Na área das telecomunicações, os satélites são usados como retransmissores de imagens de TV (o que chamamos de imagens via satélite) para assistirmos “ao vivo”, por exemplo, a copa do mundo de futebol, de maneira bem mais eficiente da que era feita antes da existência dos satélites.

Daqui por diante, sempre que falarmos em satélites, estaremos nos referindo aos artificiais.

2. Os satélites e seus subsistemas

2.1. Indicação dos subsistemas



2.1.2 Suprimento de Energia (PSS – Power Supply Subsystem)

O suprimento de energia é o responsável pela geração, armazenamento, condicionamento e distribuição de energia elétrica para todos os subsistemas do satélite. Geralmente, neste suprimento a energia elétrica é obtida pela conversão de energia solar por meio dos painéis solares. A tecnologia de conversão de energia solar em energia elétrica teve grande avanço graças a necessidade de suprir os satélites artificiais com energia. Essa tecnologia é também utilizada aqui na Terra com objetivo de aquecimento e obtenção de energia elétrica para residências.

Existem ainda outras formas de geração de energia de satélites tais como “pilhas nucleares” ou células combustíveis de hidrogênio.



Painéis solares residenciais
Fonte: <<http://www.censolar.es/>>.



Satélite com painéis solares abertos
Fonte: <<http://www.censolar.es/>>.

3. A Física dos Satélites em Órbita

3.1. Introdução

Agora você já tem uma boa idéia de como é a estrutura e funcionamento de um satélite, seria bom entender como esta tecnologia é colocada em órbita da Terra. Para que possamos entender como os satélites ficam em órbita, precisamos entender um pouco mais sobre a física que governa os movimentos de corpos celestes.

Você imagina como se coloca um satélite em órbita?

A idéia de colocar um corpo orbitando a Terra já foi pensada há muito tempo por um homem chamado Isaac Newton. Para colocar um satélite em órbita é necessário vencer o obstáculo da gravidade terrestre que nunca deixa de exercer sua influência e Newton sabia disso. Acredito que todos já ouviram falar de Newton.

Existe uma lenda de que ele postulou a Lei da Gravitação Universal nos anos da peste negra, no jardim de sua casa na cidade de Woolsthorpe, na Inglaterra, quando uma maçã caiu sobre sua cabeça.

Para entendermos as idéias de Newton é melhor, primeiro, entendermos o movimento dos corpos celestes, começando pelo movimento da Terra ao redor do Sol. Saibam que os satélites artificiais que orbitam a Terra estão sujeitos às mesmas leis da Física que descrevem os movimentos dos outros corpos celestes, foi isso que Newton percebeu. Portanto, para que possamos entender essas leis seria interessante voltarmos um pouco mais no tempo, antes mesmo da época em que ele viveu. Vamos, portanto, dar um passeio pela antiga Grécia, 300 anos antes de Cristo. Para isso, tentemos responder à pergunta: **Você, realmente, acredita que a Terra gira em torno do Sol? Mas o que nós vemos não é o contrário, o Sol girando em volta da Terra?**

Reflita mais um pouco: o Sol nasce de um lado da Terra e se põe do outro, o mesmo acontece com a Lua, as estrelas e com a maioria dos astros que vemos no céu.

Pense e tente argumentar em favor da Terra girando ao redor do Sol. Você teria algum argumento convincente de que é a Terra que gira ao redor do Sol?

3.2. O mundo Aristotélico

Aristóteles, filósofo Grego que viveu três séculos antes de Cristo, não concordava com a idéia de que a Terra gira ao redor do Sol. Este filósofo acreditava em um Cosmo geocêntrico, ou seja, para ele a Terra ficava no centro do universo e todos os outros corpos celestes giravam ao redor dela, o que parece fechar com nossas observações diárias.

O prefixo geo significa Terra, portanto Cosmo geocêntrico quer dizer a Terra no centro do universo.

Antes de continuarmos a falar da organização do universo, ou seja, a posição da Terra, do Sol e dos outros planetas, é melhor nos determos um pouco mais na visão de mundo de Aristóteles. Para ele, a matéria era constituída por quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Cada um deles tinha o seu “lugar natural”: a terra ficava no centro do universo coberta pela água que era mais leve; depois vinha o ar e finalmente o fogo, tudo em esferas ascendentes.

O movimento denominado natural era devido ao retorno dos elementos aos seus lugares naturais. Portanto, os corpos pesados caíam, ao passo que bolhas de ar dentro da água subiam, assim como a fumaça subia, isso significava que tudo procurava seu “lugar natural”. Os outros movimentos, por exemplo, quando se levanta algo do chão, são “movimentos violentos”, exigindo causa. Por isso, que um carro de bois não poderia se movimentar sozinho, são necessários os bois para puxá-lo.

Acima dos quatro elementos, existiam as esferas dos corpos celestes que eram de cristal e movimentavam-se circularmente. Estas esferas eram serenas, harmoniosas e eternas.

Pode-se dizer então que para Aristóteles existiam três tipos de movimento: natural, violento e perfeito que é o movimento circular dos astros celestes. Para Aristóteles:

A esfera da Lua divide o universo em duas regiões completamente diferentes, povoadas de diferentes tipos de matéria e sujeitas a leis diferentes. A região terrestre ou mundo sublunar na qual vive o homem é imperfeita, sujeita a mudanças e variações. A região celeste ou mundo supralunar é eterna, imutável e perfeita. As esferas celestes movem-se natural e eternamente em círculos, ocupando sempre a mesma região do espaço⁸.

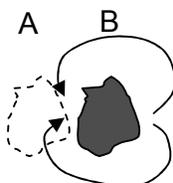
⁸ Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/cope.htm>>.

Se os movimentos violentos exigiam uma causa, o que faria uma pedra continuar se movimentando mesmo depois de perder contato com a mão do lançador?



Para Aristóteles a explicação era simples:

Quando a pedra saía do ponto A para o ponto B, deixava de ocupar um espaço e ia para outro. O espaço da posição A não podia ficar vazio e o ar da posição B não tinha para onde ir. Nada mais natural que o ar da posição B migrasse para o da posição A e assim empurrasse a pedra. Desta forma, a causa da continuidade do movimento era atribuída ao fato de que o ar se deslocava da frente para trás da pedra e a empurrava.



O ar se movimenta para trás da pedra e a empurra. Para Aristóteles o ar, ao mesmo tempo movia e resistia ao movimento.



Aristóteles

Fonte: :

<<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica9/biografias/aristoteles.htm>>.

O que dizia Hiparco sobre o mesmo assunto?

O astrônomo Hiparco de Nicéia (130 a.C.), discordando completamente de Aristóteles, explicava o movimento da pedra, após sair da mão do lançador, de forma completamente diferente. Para ele, este movimento dá-se por meio de uma força transmitida à pedra pelo lançador. Esta força é absorvida pela pedra e vai acabando aos poucos, à medida que ela se movimenta⁹. As idéias de Hiparco contribuíram para o surgimento da *Teoria do Impetus*, na Idade Média.

Voltando a falar de Aristóteles...

Segundo ele, a matéria (abaixo da esfera da Lua) era constituída por quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Cada um deles tinha o seu "lugar natural".

Veja o que Aristóteles pensava a respeito da Terra e do Céu!

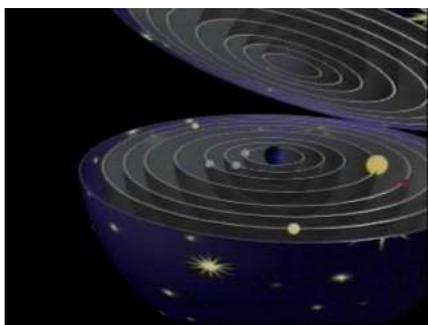
O Universo aristotélico, das esferas concêntricas:



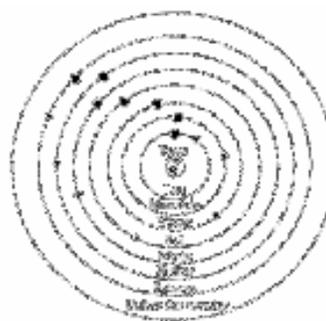
⁹ PEDUZZI, 1998

No mundo supralunar vigorava a perfeição, por isso, este mundo não podia ser constituído dos mesmos quatro elementos que o mundo sublunar. Todos os corpos celestes eram feitos de Éter e o espaço entre eles era preenchido com esta substância perfeita.

Desde Pitágoras que o movimento circular era considerado perfeito. Em razão disso, o mundo foi chamado de Kosmos, palavra que significa, ao mesmo tempo, ordem, correspondência e beleza. Como consequência da idéia de Kosmos, e como a Terra não era perfeitamente esférica (sendo, portanto imperfeita), chegando até perto da Lua havia mudança, morte e decomposição. Era uma visão de mundo coerente em que o homem era colocado no centro do universo e, apesar de todas nossas imperfeições, éramos o grande objeto da criação divina¹⁰. Era um maravilhoso mundo Geocêntrico (veja as ilustrações abaixo), um mundo perfeito e para além da Lua um mundo imutável. O homem foi colocado no centro do universo. Não pensem que isso é ilógico, pelo contrário, para um observador aqui na Terra parece muito mais lógica a compreensão Aristotélica de um universo com a Terra em seu centro.



O modelo geocêntrico e as esferas giratórias de cristal
Fonte:
<<http://astro.if.ufrgs.br/p1/p1.htm>>.



Universo Aristotélico. A Terra está no centro do Universo. Os planetas giram em torno dela, na seguinte ordem: Lua, Mercúrio, Vênus, Sol, Marte, Júpiter e Saturno. A última esfera é a das estrelas.
Fonte:
<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-47442004000300012&script=sci_arttext&lng=pt>.

Era muito difícil duvidar de uma teoria com tamanho apelo, ou seja, suspeitar que a Terra não fosse o centro do universo. Além do motivo espiritual, o Sistema Geocêntrico, como já foi mencionado, tem grande coerência se pensarmos em termos de senso comum. Reflita novamente: para um observador aqui na Terra a compreensão Aristotélica encaixa-se em nossas observações diárias.

Volte a refletir sobre a pergunta anterior: Não será o Sol que gira ao redor da Terra?

Por esses motivos, o Sistema Geocêntrico acabou sendo aceito por quase 2000! Portanto, foi a partir de Aristóteles que a Terra se consolidou como o centro estático do universo e em torno dela giravam os planetas, fixos em imaginárias esferas giratórias de cristal.

Até os dias de hoje, o Sistema Aristotélico é visto como um mundo romântico. Vejam como é interessante a fala de um dos personagens da peça Arcádia, produzida pela primeira vez em 13 de abril de 1993 por Tom Stoppard, que ridiculariza os historiadores e cientistas que tiraram a Terra do centro do universo:

Não há nenhuma pressa para Isaac Newton. Estávamos muito felizes com o cosmos de Aristóteles. Pessoalmente eu o preferia. Cinquenta e cinco esferas de cristal engrenadas em uma máquina complicada de Deus é a minha idéia de um universo satisfatório. Eu não consigo pensar em algo mais trivial do que a velocidade da luz. Quarks, quasars – big bangs, buracos negros – quem se importa com essa merda?¹¹

No entanto, o mundo aristotélico, no qual os planetas descreviam círculos em volta da Terra, não concordava com algumas observações.

¹⁰ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

¹¹ “There’s no rush for Isaac Newton. We were quite happy with Aristotle’s cosmos. Personally, I preferred it. Fifty-five crystal spheres geared to God’s crankshaft is my idea of a satisfying universe. I don’t think of anything more trivial than the speed of light. Quarks, quasars - big bangs, black holes - who gives a shit?” Disponível em:
<<http://www.cherwell.oxon.sch.uk/arcadia/frame6.htm>>.

Mesmo nos céus serenos do cosmos aristotélico havia alguns problemas. O Sol, a Lua e as estrelas executavam os seus movimentos de uma forma bastante fiel (na maior parte), mas um pequeno número de corpos proeminentes, chamados planetas (da palavra grega que significa “vagabundo”), não se comportava corretamente. Rever as posições destes corpos - em que ponto do céu apareceriam em uma dada noite - era da responsabilidade profissional dos astrônomos. A informação tinha alguma importância para a agricultura, para a navegação e, acima de tudo, para calcular os horóscopos em um mundo profundamente imerso na astrologia¹².

Então, os astrônomos para prever as posições dos planetas usaram artifícios de adicionarem trajetórias circulares que mais tarde foram calculadas e aperfeiçoadas por Cláudio Ptolomeu.

3.3. O Mundo Ptolomáico

Não se sabe ao certo em que período Ptolomeu viveu, mas, com base nos dados astronômicos por ele coletados, concluiu-se que ele viveu em entre 127 a 145 d.C. Seu livro o *Almagesto* foi o principal trabalho sobre astronomia da época.

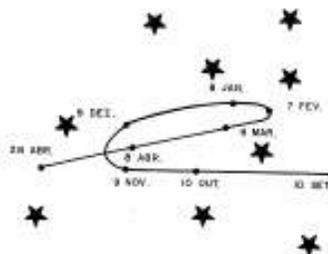
Ptolomeu, por ter estudado profundamente o movimento dos corpos celestes, sabia que em determinado ponto de sua órbita, um planeta parecia parar, voltar, isto é, adquirir movimento retrógrado e depois mover-se novamente na direção original. Isso mostrava um problema, uma anomalia, da Teoria Geocêntrica.



Cláudio Ptolomeu
(87 – 151 d.C.)

Fonte:

<<http://paginas.terra.com.br/educacao/fisicavirtual/grandes/ptolomeu.htm>>



Trajetória aparente de Marte em relação às estrelas fixas entre 10 de setembro e 28 de abril, mostrando um movimento de regressão:

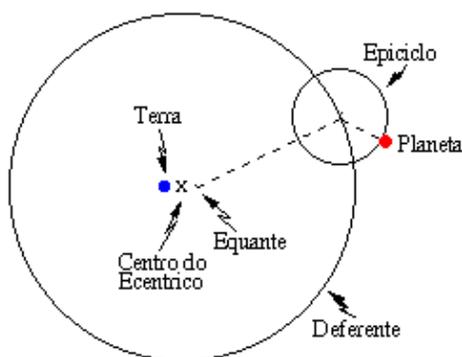
Fonte:

<<http://www2.uerj.br/~oba/cursos/astromonia/fundamentoshistastro.htm>>.

O Físico e filósofo da ciência Thomas Kuhn chamou os problemas que certas teorias mostram de *anomalias*. Esse filósofo, estudando a história da ciência, afirma que os cientistas resistem muito para mudar suas teorias e, geralmente, para não mudá-las levantam hipóteses que “salvam as aparências”, ou seja, hipóteses que preservam a teoria. Foi isso que Ptolomeu fez com a Teoria Geocêntrica, salvou-a do problema do movimento retrógrado com um artifício bastante engenhoso, como veremos.

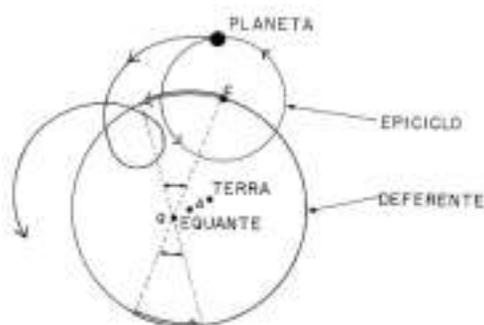
Lembremos que os planetas estão muito mais próximos da Terra do que as estrelas. Assim, podemos perceber que, ao longo do ano, eles se movem contra o fundo preto estrelado. No entanto, como constatou-se que em certas épocas esse movimento muda e o planeta parece voltar (movimento retrógrado) até começar a frear, parar e voltar ao movimento inicial. Ptolomeu, portanto, para procurar salvar a Teoria Geocêntrica, explicou esse fenômeno aparentemente tão estranho, elaborando um sistema complicado, mas geometricamente plausível. Os planetas estariam fixos sobre esferas concêntricas de cristal. Todas essas esferas girariam com velocidades diferentes, o que, julgava Ptolomeu, explicava as diferentes velocidades médias com que se moviam os diversos planetas. Para isto, ele postulou que cada planeta se move em um círculo pequeno chamado de epíclio (ver figura abaixo), cujo centro se move ao redor da Terra, que é estacionária no centro do Universo.

¹² GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

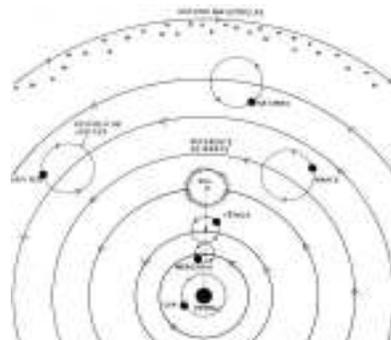


Fonte:
<<http://astro.if.ufrgs.br/p1/p1.htm>>.

Por exemplo, no caso de Mercúrio e Vênus, Ptolomeu colocou o centro de seus epiciclos sobre uma linha entre a Terra e o Sol e o centro dos epiciclos movendo-se ao redor da Terra em um círculo chamado deferente, como mostra a segunda ilustração a seguir. O primeiro desenho abaixo mostra uma simulação de como é visto da Terra o movimento dos epiciclos. Então, o deferente é um círculo imaginário que circundaria a Terra e sobre cuja circunferência (segundo Ptolomeu) mover-se-ia ou o corpo celeste (como a Lua) ou o centro do seu epiciclo (no caso dos planetas). Assim, com seus epiciclos Ptolomeu conseguiu não só salvar o sistema Geocêntrico como também prever as posições dos planetas.



Fonte:
<<http://www2.uerj.br/~oba/cursos/astrologia/fundamentos/histastro.htm>>.



O Sistema Ptolomaico com seus Epiciclos e Deferentes, explicando o movimento retrógrado dos planetas

Fonte:
<<http://www2.uerj.br/~oba/cursos/astrologia/fundamentoshistastro.htm>>.

É interessante observar que, apesar de não existirem telescópios, os astrônomos da antigüidade acertaram a ordem dos planetas, de Mercúrio a Saturno. Observando a olho nu daqui da Terra, todos os planetas são pontos brilhantes no céu, semelhantes às estrelas, porém, movem-se em relação à elas e são mais brilhantes. Como foi possível acertar a ordem dos planetas se os antigos astrônomos não conseguiam distinguir visualmente um do outro?

Observações acumuladas desde a Antigüidade mostram que todos os planetas possuem um movimento característico em relação às estrelas e que, de tempos em tempos, voltam às posições originais. Quanto mais tempo os planetas levam para voltar às posições de origem em relação às estrelas, mais longe encontram-se da Terra. Foi a esta conclusão lógica que os antigos astrônomos chegaram e a partir daí determinaram a ordem dos planetas, considerando um universo com a Terra (que não era considerada planeta) no centro.

Veja um texto que expressa o pensamento dos antigos estudiosos do céu. Observe que antigamente não existia distinção entre astronomia e astrologia.

"Abaixo da esfera das [estrelas] fixas, encontra-se o [planeta] Brilhante, chamado astro de Saturno; ele descreve o círculo zodiacal em aproximadamente trinta anos e seis meses, e cada signo em dois anos e seis meses. Abaixo do brilhante, circula o Esplêndido, o astro chamado de Júpiter; ele descreve o círculo zodiacal em doze anos e cada signo em um ano. Abaixo ainda, encontra-se o Encarnado [vermelho], o astro de Marte; ele percorre o círculo zodiacal em dois anos e seis meses... O espaço abaixo é ocupado pelo Sol, que descreve em um ano o zodiacal... Ainda abaixo encontra-se Lúcifer, o astro de Vênus, que se move mais ou menos com a mesma

velocidade do Sol. Ainda mais abaixo, se encontra o Fascinante, o astro de Mercúrio, que se move igualmente com a mesma velocidade que o Sol.¹³

Se cientistas tentam salvar teorias que não tem nenhum apelo religioso, imaginem uma teoria como a geocêntrica. Pode-se dizer que ela virou dogma, pois a igreja baseava-se nela, e atuava de forma feroz, contra qualquer conceito contrário a esta Teoria. Portanto, cientistas como Ptolomeu, trabalhavam no sentido de salvar a Teoria levantando hipóteses de salvação. Como já mencionado o Sistema Ptolomáico era difícil de ser derrubado pelo seu apelo religioso e assim ele foi aceito até a Renascença, ou seja, por volta do fim do século XIV.

3.4. Copérnico e o Heliocentrismo

Você deve lembrar-se que a Renascença foi uma época de avanço revolucionário da cultura. Foi durante essa época efervescente que viveu o monge e médico chamado Nicolau Copérnico (ilustração ao lado). Foi nesse contexto renascentista que ele, observando o céu, percebeu que os planetas estranhamente, ao longo de suas trajetórias, pareciam aumentar de tamanho. Isso parecia um absurdo já que se os corpos celestes orbitavam a Terra em círculos perfeitos, como afirmava Aristóteles, eles não podiam variar de tamanho. Copérnico em seu livro *As Revoluções dos Orbes Celestes* levantou duas hipóteses: ou os corpos celestes cresciam – o que é um absurdo – ou eles aproximavam-se da Terra saindo dos epiciclos postulados por Ptolomeu. Assim, Copérnico começou a fazer mais observações e a estudar com mais profundidade os escritos de Aristóteles e Ptolomeu e chegou à conclusão de que o Sistema Geocêntrico apresentava problemas sem solução. Após detalhados estudos, Copérnico deduziu que para fechar seus cálculos a Terra tinha que executar um movimento completo em torno dela mesma, ou seja, em torno de um eixo imaginário passando pelo seu centro. Isso explicaria o movimento do Sol e das Estrelas, produzindo o dia e a noite. Novos cálculos o levaram a atribuir ao Sol o movimento anual.



O monge Nicolau Copérnico (1473 – 1543) acreditava em um cosmo heliocêntrico, ou seja, com o Sol no centro do universo.

Fonte:

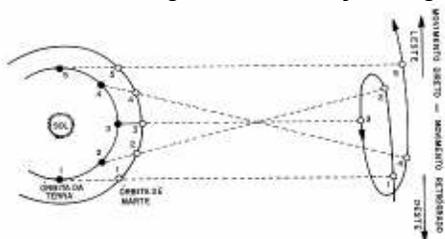
<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica9/biografias/copernico.htm>.

Copérnico em seu livro *As Revoluções dos Orbes Celestes* levantou duas hipóteses: ou os corpos celestes cresciam – o que é um absurdo – ou eles aproximavam-se da Terra saindo dos epiciclos postulados por Ptolomeu. Assim, Copérnico começou a fazer mais observações e a estudar com mais profundidade os escritos de Aristóteles e Ptolomeu e chegou à conclusão de que o Sistema Geocêntrico apresentava problemas sem solução. Após detalhados estudos, Copérnico deduziu que para fechar seus cálculos a Terra tinha que executar um movimento completo em torno dela mesma, ou seja, em torno de um eixo imaginário passando pelo seu centro. Isso explicaria o movimento do Sol e das Estrelas, produzindo o dia e a noite. Novos cálculos o levaram a atribuir ao Sol o movimento anual.

*Copérnico sublinhava que todo o sistema fixo de epiciclos e deferentes podia ser simplificado se, por conveniência matemática, se colocasse o Sol, e não a Terra, no centro do universo. Era este o assunto do primeiro capítulo. O resto do livro consta de tabelas astronômicas, calculadas por meio de epiciclos e deferentes centrados no Sol.*¹⁴

Você sabe como o sistema heliocêntrico de Copérnico explicava o movimento retrógrado dos planetas?

Para um Sistema Heliocêntrico, a explicação do movimento retrógrado é simples. Vamos entendê-lo por meio do exemplo do movimento retrógrado de Marte visto da Terra (figura abaixo). Como Marte gira em torno do Sol mais lentamente que a Terra, na passagem de nosso planeta perto de Marte, observamos daqui o planeta vermelho indo, voltando e seguindo na direção original.



Movimento aparente do planeta Marte.

Fonte:

<http://www2.uerj.br/~oba/cursos/astronomia/fundamentoshistastro.htm>.

¹³ GEMINOS, extraído de: COPÉRNICO, Nicolau. **Commentariou**. Introdução, tradução e notas: Roberto de Andrade Martins. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 1990. p. 44.

¹⁴ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

Copérnico, analisando seus cálculos e meditando sobre as próprias observações, acaba postulando uma Teoria Heliocêntrica após 30 anos de trabalho. Sabendo que causaria uma grande polêmica teológico-cosmológica sobre a compatibilidade de suas idéias com a Bíblia, Copérnico resolve apresentar sua Teoria como uma mera hipótese - temia as condenações por heresia, coisa bem comum naquela época. Então, sendo prudente resolveu mostrar sua Teoria Heliocêntrica (por ter o Sol no centro) somente a um pequeno grupo de astrônomos, “em um manuscrito chamado *Pequenos Comentários*, em torno de suas hipóteses sobre os movimentos celestes”¹⁵. Somente quando estava às portas da morte, Copérnico permitiu que George Joaquim Rhäticus, seu discípulo, publicasse seu livro chamado “*De revolutionibus*”. Assim, “1543, quando jazia no leito de morte, o clérigo polaco Nicolau Copérnico viu os primeiros exemplares do seu livro. Adiará deliberadamente a sua publicação para não ter de enfrentar as conseqüências.”¹⁶

O prefácio do livro foi escrito por um amigo seu chamado Osiander que sabia que o livro causaria grande barulho e, portanto, escreveu:

*Não duvido que certos eruditos, pela fama já divulgada acerca da novidade das hipóteses desta obra, onde se afirma que a Terra se move e o Sol está imóvel no centro do universo, se tenham sentido gravemente ofendidos (...)*¹⁷.

O livro de Copérnico representava muito mais do que colocar por terra o Sistema Geocêntrico, ele era a dissolução do cosmo aristotélico-ptolomáico como bem o havia previsto Osiander.

*O livro tratava de revoluções, revoluções reais no céu, e deu o pontapé de saída ao que viria a chamar-se, metaforicamente, a revolução científica. Hoje, quando nos referimos a convulsões políticas ou a outras revoluções, estamos a prestar homenagem a Copérnico, cujo livro sobre as revoluções originou a primeira revolução*¹⁸.

A postulação do heliocentrismo por Copérnico, em oposição à concepção geocêntrica, origina a revolução científica moderna. No entanto, muitos afirmam que, embora Copérnico tenha rompido com a idéia de universo dominante da época, ele acabava voltando-se para idéias aristotélicas. Thomas Kuhn, por exemplo, afirma que “é exatamente na ruptura que Copérnico mostra mais claramente sua dependência com relação à tradição”. Arthur Koestler, em seu livro *Os Sonâmbulos*, declara que “Copérnico esforçou-se ao máximo para encaixar o movimento da Terra dentro de uma estrutura baseada na Física aristotélica”¹⁹. Mesmo assim, podemos afirmar que Copérnico iniciou uma grande revolução. Depois dele,

*Três homens, em particular, estavam destinados a desempenhar papéis cruciais na derrocada do universo geocêntrico: Tycho Brahe, Johannes Kepler e Galileu Galilei.*²⁰

Foram esses três homens, junto com Newton, que possibilitaram a ida do homem à Lua. Saibam que o homem pousou na Lua usando as equações de Newton, nem mesmo as correções de Einstein foram usadas, e que, sem dúvida, essas equações são conseqüência dos estudos de Brahe, Kepler e Galileu. Newton, mesmo sendo um homem muito prepotente, acaba reconhecendo seus antecessores, Kepler e Galileu, em uma frase que ficou famosa: “*Se pude ver mais longe é porque estava nos ombros de dois gigantes*”. Ele não cita Tycho Brahe (1546-1601), mas é necessário que vocês saibam que, se não fosse a paciência deste último, os trabalhos de Kepler não teriam sido realizados.

¹⁵ GALILEI, 2001.

¹⁶ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

¹⁷ GALILEI, 2001.

¹⁸ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

¹⁹ Disponível em: <<http://www.cfh.ufsc.br/~wfil/cope.htm>>.

²⁰ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

3.5. O Mundo de Tycho Brahe

A crescente controvérsia entre a Teoria Geocêntrica e a de Copérnico estimulou muitos astrônomos a coletar dados mais precisos do universo. Foram as observações e cálculos de Tycho Brahe, nascido três anos depois da morte de Copérnico, que levaram Kepler a formular suas três leis como veremos.

Tycho Brahe era um homem surpreendente. Seus interesses incluíam, além da astronomia e da filosofia, a alquimia e a astrologia.

Depois de ter estudado Direito, ter viajado pela Europa e ter perdido o nariz em um duelo, tendo-o substituído por um de ouro, prata e cera, Tycho escandalizou a sociedade dinamarquesa ao casar com uma plebéia e tornar-se astrônomo²¹.



Tycho Brahe tinha um nariz artificial de prata, cera e ouro como se pode ver neste quadro. Fonte: <http://www.nada.kth.se/~fred/tycho/index.htm>.

Ainda jovem, as observações amadoras de Tycho (figura ao lado) levaram-no a assistir um eclipse total do Sol que havia sido previsto para o dia 21 de agosto de 1560. Para espanto de Brahe a previsão se cumpriu em outubro, portanto, com atraso. Este fato o levou, depois de ter estudado direito, a estudar astronomia.

Tycho Brahe era um nobre dinamarquês que, ainda rapaz, aprendera, para seu espanto, que era possível prever eventos no céu, como o eclipse solar de 21 de Agosto de 1560, e depois, para sua maior estupefação ainda, enquanto observava uma conjunção de Júpiter e Saturno em Agosto de 1563, que as tabelas astronômicas (incluindo as de Copérnico!) apresentavam desvios de vários dias - presumivelmente por falta de dados astronômicos precisos²².

Notem que, além de ainda não existirem telescópios para as primeiras observações, Tycho usou um compasso e uma esfera absolutamente rudimentares. Mesmo com esses instrumentos, durante a passagem de Vênus próxima a Saturno (a conjunção desses dois planetas), ele verificou que na previsão feita com os cálculos de Ptolomeu, cometia-se um erro de um mês e, usando os de Copérnico, o erro caía para alguns dias. Esta descoberta o levou a realizar mais e melhores observações. Assim, percebeu a necessidade de aperfeiçoar seus instrumentos e técnicas de observação.

Tycho Brahe montou seu próprio observatório e foi lá que a 1 de Novembro de 1572, na constelação da Cassiopéia, descobriu a Stella Nova (estrela nova), uma estrela que ninguém ainda observara. Assim, o princípio da imutabilidade de Aristóteles cai por terra e a Igreja é ofendida. No entanto, é a partir dessa descoberta que Brahe começa a ser conhecido como astrônomo e consegue a proteção do Rei Frederico II da Dinamarca que lhe financia a construção de um observatório.

Foram construídos instrumentos de medição gigantescos - as "grandes armilas equatoriais" de Tycho mediam cerca de 3 m de um lado ao outro; o diâmetro do seu "grande quadrante mural" media cerca de 4,3 m - para fazer medições angulares de precisão sem precedentes, bem como edifícios magníficos, onde ele vivia e trabalhava, publicando as novas descobertas, e muito mais. Tycho chamou ao lugar Uraniborg, de Urânia, a musa da astronomia. Iniciado em 1576, funcionou até 1597. Poucos anos depois, em 1610, a invenção do telescópio poria fim à astronomia a olho nu²³.

Só para que vocês tenham uma idéia de como eram feitas as medidas de Brahe vejam o sextante das ilustrações abaixo. Naquela época, para medir o ângulo entre horizonte e altura em que se encontra o astro usava-se um sextante, que é um instrumento para medição de ângulos. A Luneta (tubo oco que servia para mirar o astro) fica apontada para o espelho pequeno, que é fixado no quadro do aparelho. Este espelho tem uma metade espelhada e a outra transparente. Pela parte transparente, o navegador pode avistar o horizonte diretamente. A parte espelhada reflete a imagem que vem do espelho grande. O

²¹ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

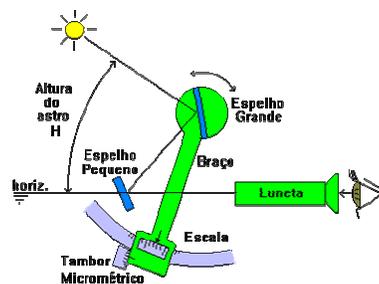
²² GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

²³ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

espelho grande é móvel e gira juntamente com o braço do sextante. Fazendo isso, variamos o ângulo entre os espelhos pequeno e grande, o astro é avistado por meio da reflexão no espelho grande e a altura angular do astro é medida na escala que se vê abaixo.



Sextante



Esquema de um sextante

Foi dessa maneira que Brahe fez a maioria de suas medidas e conseguiu, pacientemente, catalogar um bom número de astros, apesar de ter um talento matemático um tanto restrito.

3.6. Johannes Kepler

Nessa época surge um homem que ajudará Brahe, um homem de grande talento matemático, Johannes Kepler, nascido em 1571. Era filho de um soldado mercenário, que rapidamente desapareceu de cena, e da filha de um estalajadeiro rabugento que mais tarde dedicou-se à feitiçaria. De pequena estatura, saúde delicada e pobre, a inteligência penetrante de Kepler granjeou-lhe uma bolsa de estudos que lhe permitiu frequentar a Universidade de Tübingen.

Kepler imaginou um modelo do universo de seis esferas invisíveis para regular as órbitas dos seis planetas conhecidos.

Segundo a lenda, um dia, no verão de 1595, Kepler dava uma lição de geometria a uma turma de adolescentes aborrecidos, mas a sua mente esquadrihava os dados das tabelas astronômicas de Copérnico, a paixão de toda a sua vida. Inscrevendo círculos no interior e no exterior de um triângulo equilátero, compreendeu subitamente que a razão dos diâmetros dos dois círculos (o diâmetro do exterior tem exatamente o dobro do tamanho do diâmetro do interior) era praticamente a razão dos diâmetros das órbitas de Júpiter e de Saturno. A descoberta pôs o próprio Kepler em órbita.

(...) O modelo de Kepler explicava por que havia seis, e apenas seis, planetas - porque havia cinco, e apenas cinco, sólidos perfeitos - e por que tinham as suas órbitas aquelas razões. O dispositivo total encaixava miraculosamente. Kepler pensou, e não foi a última vez na sua vida, que tinha compreendido o pensamento do Criador²⁴.

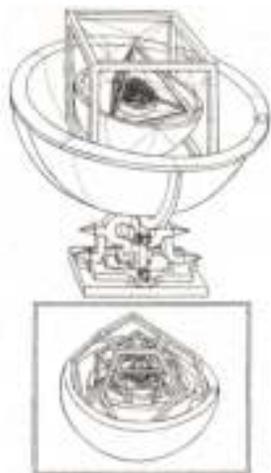


Johannes Kepler (1571 - 1630)

Fonte: <http://www.ahistoriadafisica.hpg.ig.com.br/grandes/kepler.htm>.

As esferas imaginadas por Kepler ajustavam-se a sólidos perfeitos (tetraedro, cubo, octaedro, dodecaedro e icosaedro – veja ilustração a seguir), cada um encaixado no seguinte. O modelo de Kepler encaixava muito bem.

²⁴ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.



Esfera de Saturno: Cubo
Esfera de Júpiter: Tetraedro
Esfera de Marte: Dodecaedro
Esfera da Terra: Icosaedro
Esfera de Vênus: Octaedro
 Fonte:
 <<http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/seminario/kepler/obra.htm>>.

É bom que todos saibam que, segundo muitos biógrafos, Kepler era um místico torturado, que chegou às suas descobertas tateando entre o erro e o acerto. Portanto, um homem como tantos outros, como nós mesmos.

Os pitagóricos acreditavam na música como referência fundamental para o conhecimento do universo²⁵. Kepler acreditava nessa harmonia do universo, portanto, herdara as idéias pitagóricas de um musical. Esse pensamento lembra-nos uma poesia, bem mais moderna, de Olavo Bilac, chamada “ouvir estrelas”.

Ouvir Estrelas

*Ora direis ouvir estrelas! Certo
 Perdeste o senso! E eu vos direi, no entanto,
 Que, para ouvi-las, muita vez desperto
 E abro as janelas, pálido de espanto...*

*E conversamos toda a noite, enquanto
 A via Láctea, como um pálio aberto,
 Cintila. E, ao vir do sol, saudoso e em pranto,
 Inda as procuro pelo céu deserto.*

*Direis agora! "Tresloucado amigo!
 Que conversas com elas? Que sentido
 Tem o que dizem, quando estão
 contigo?"*

*E eu vos direi: "Amai para entendê-las:
 Pois só quem ama pode ter ouvido
 Capaz de ouvir e de entender estrelas.*

Olavo Bilac

Em 1597, Kepler publica sua primeira obra. Com essa publicação, ele acaba chamando a atenção de Tycho Brahe que ficou impressionado com os talentos matemáticos do rapaz. Kepler acaba conhecendo Brahe, mas não simpatiza com ele e vice-versa, no entanto, para darem continuidade a seus trabalhos um precisava do outro, Kepler precisava dos dados de Brahe e este da matemática de Kepler.

Por conta dessa relação de simbiose, os dois trabalharam juntos por 18 anos. Conta a lenda que durante uma comilança Brahe, que era o anfitrião, segurou tempo de mais sua urina e acabou morrendo de infecção urinária. Depois da morte de Tycho, Kepler conseguiu ser nomeado em seu lugar, mas essa nomeação não era monetariamente compensadora. Assim, para poder sobreviver vendia mapas astrais. É bem verdade que ele publicou um livro de astrologia, apesar de achar que os astrólogos eram charlatões e fraudulentos.

Em 1609, publica outro livro, *Astronomia nova*. Nesta obra, Kepler demonstra todo o seu esforço para chegar à sua primeira Lei:

*Galanteia tenta-me maldosamente, a vigorosa rapariga: Esconde-se nos salgueiros,
 mas na esperança de que eu a veja primeiro.*²⁶

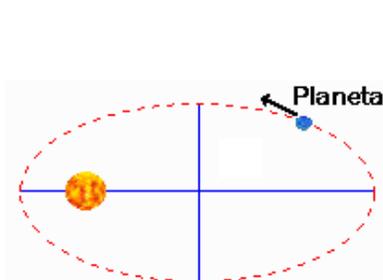
Seu maior esforço foi para encontrar uma órbita para Marte que fosse coerente com as observações de Tycho. Como se vê na sua primeira Lei, ele descreveu a órbita da Terra por um círculo com o Sol ligeiramente deslocado do centro. Mas com Marte a coisa não funcionara. Tentou quanto pôde, mas nenhum círculo ajustava-se.

No sistema copernicano, a Terra é um dos planetas. Mas a Terra, sendo o lugar da mudança, da morte e da decomposição, não se encontra, obviamente, em um estado de perfeição platônica, como se supunha que os planetas se encontravam - assim, talvez não seja necessário que as órbitas dos planetas sejam círculos platônicos! "Oh

²⁵ COHEN, 1985, p. 167.

²⁶ COHEN, 1985, p. 167.

que ridículo eu sou!", dizia Kepler, por não ter conseguido chegar a esta conclusão mais cedo; já não escrevemos papéis científicos desta maneira. A órbita de Marte não era um círculo. Era uma elipse, com o Sol em um dos focos.²⁷



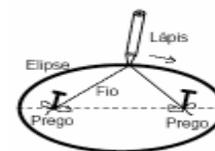
Primeira Lei de Kepler - Lei das elipses.
Um planeta descreve uma órbita elíptica com o Sol localizado em um dos focos



Elipses das órbitas dos 9 planetas. Como se vê, elas são pouco alongadas. As órbitas elípticas dos planetas são normalmente representadas mais alongadas do que realmente são. O ponto central é o centro da elipse e o ponto da direita é a posição de um dos focos, o qual é ocupado pelo Sol. Os cometas possuem órbitas bem alongadas.

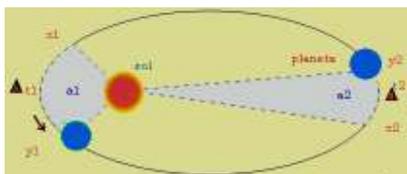
Física na Escola, v. 4, n. 2, 2003. Fonte:
<<http://www.edcc.sc.usp.br/cda/oba/O%20problema%20do%20ensino%20da%20orbital%20da%20Terra.pdf>>.

Uma boa maneira de representar-se uma elipse, em particular, é por meio de dois pregos em uma tábua e um fio (figura ao lado). O lápis deve desenhar a elipse e os pregos estarão situados nos dois focos.²⁸



<http://www.astrofotoportugal.com/siteapaa/GA/Excentricidade_Brasil_L1.pdf>.

Com os dados de Tycho, Kepler leva adiante seus cálculos e percebe que os planetas se movem mais depressa quando se encontram na parte mais próxima do Sol e se movem mais devagar quando se encontram mais longe (veja ilustração abaixo). Descobre também que as velocidades dos planetas são reguladas pela varredura, ou seja, os planetas varrem áreas iguais em tempos iguais.²⁹ Esta descoberta acaba conhecida como a segunda lei de Kepler.³⁰



2ª Lei de Kepler – As linhas imaginárias que ligam os planetas ao Sol, varrem áreas iguais em tempos iguais. As áreas a_1 e a_2 são iguais. O planeta gasta o mesmo tempo indo de x_1 a y_1 e de x_2 a y_2 , ou seja, $\Delta t_1 = \Delta t_2$.

Fonte:
<http://www.gravidade.hpgvip.ig.com.br/gravidade_cl.htm>.

Dez anos mais tarde, em 1619, Kepler publica outro livro, *Harmonia do Mundo*, no qual enuncia a sua Terceira Lei que compara as órbitas dos planetas. Estas três Leis são o maior legado de Kepler. Elas tiraram definitivamente a Terra do centro do universo. Os planetas passaram a descrever órbitas elípticas e o Sol passou a ocupar um dos focos dessas elipses. Porém, prestem atenção, essas elipses (no caso dos planetas) têm pequena excentricidade, ou seja, são quase círculos. Atendem para o fato de que essas Leis não descrevem somente o movimento dos planetas ao redor do Sol, elas expressam o movimento de qualquer corpo no universo orbitando outro. Isso é muito importante para nós já que queremos saber como se coloca um satélite em órbita ao redor da Terra.

No caso do movimento da Terra ao redor do Sol, o ponto onde estamos mais próximos dele recebe o nome de periélio. O ponto mais afastado recebe o nome de afélio. Em média, estamos distantes do Sol cerca de 150 milhões de quilômetros. Se, no periélio, um planeta ou um satélite gasta certo intervalo de tempo t_1 para ir de um ponto a outro, no afélio, para o mesmo intervalo de tempo t_1 , ele se deslocaria menos, o que mostra ser a

²⁷ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

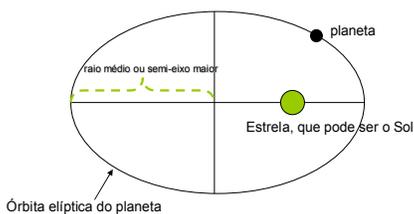
²⁸ Site com mais uma simulação da primeira lei: <http://www.lmm.fis.ufal.br/dinamica/keplermotion/keplermotion.html>

²⁹ Um experimento para ver a segunda lei de Kepler pode ser encontrado no site: <http://educar.sc.usp.br/fisica/mgexp.html>

³⁰ Um applet pode ser visto no site: http://paginas.terra.com.br/educacao/pifer/ph11br/ph11br/keplerlaw2_br.htm

velocidade de um planeta ou de um satélite maior no periélio do que no afélio. Portanto, a velocidade de um planeta ao redor do Sol, ou de um satélite artificial ao redor da Terra, nunca é constante, podendo ser assim considerada só para efeito de cálculos. A segunda Lei de Kepler³¹, mais conhecida como Lei das Áreas, diz que uma reta imaginária ligando um astro a outro maior "varre" áreas iguais em tempos iguais. Como o **periélio** é o ponto mais próximo do grande astro e o **afélio**, o ponto mais afastado, podemos ver que o movimento de um astro é acelerado do afélio para o periélio e retardado quando do periélio para o afélio.

Para podermos entender a terceira Lei de Kepler, faz-se necessário saber que a média entre a máxima e a mínima distância de um planeta até uma estrela chama-se raio médio de órbita; e o tempo necessário para um planeta descrever uma volta completa ao redor de uma estrela é conhecido por período de translação.



O raio médio da órbita ou semi-eixo maior da elipse é a distância entre uma das pontas e o centro da elipse.

Órbita elíptica do planeta

Em média, estamos distantes do Sol cerca de 150 milhões de quilômetros

Sempre guiado pela busca de harmonia, Kepler trabalhou 10 anos para apresentar a sua Terceira Lei em que afirmava "**A razão entre o cubo do raio médio de órbita e o quadrado do período de translação é constante**". Logo, as duas

primeiras leis descrevem o movimento de um único planeta na sua órbita, enquanto que a terceira compara as órbitas dos planetas. Kepler, levando em conta os dados de Brahe, calculou os períodos de translações dos planetas, conhecidos naquela época (de Mercúrio a Saturno), em termos do período de translação da Terra e calculou, também, para estes mesmos planetas, suas distâncias médias ao Sol, em termos da distância média da Terra ao Sol. Na verdade, foi com esses valores que ele postulou sua Terceira Lei.

PLANETA	T (s)	r (m)	T ² / r ³
MERCURE	7,6 . 10 ⁶	5,79.10 ¹⁰	2,98.10 ⁻¹⁹
VENUS	1,94.10 ⁷	1,08.10 ¹¹	2,99.10 ⁻¹⁹
TERRE	3,16 . 10 ⁷	1,49.10 ¹¹	3,02.10 ⁻¹⁹
MARS	5,94 . 10 ⁷	2,28.10 ¹¹	2,98.10 ⁻¹⁹
JUPITER	3,74 . 10 ⁸	7,78.10 ¹¹	2,97.10 ⁻¹⁹
SATURNE	9,30 . 10 ⁸	1,42.10 ¹²	3,02.10 ⁻¹⁹
URANUS	2,66 . 10 ⁹	2,87.10 ¹²	2,99.10 ⁻¹⁹
NEPTUNE	5,20 . 10 ⁹	4,50.10 ¹²	2,97.10 ⁻¹⁹

É constante para todos os planetas a razão T² / R³. Na terceira coluna em umérica, podemos observar que temos sempre o mesmo valor para T² / R³, descontando os pequenos erros experimentais. Lembre-se que estamos lidando com escalas astronômicas. Fonte:

<<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica8/gravitacao/kepler.htm>>.

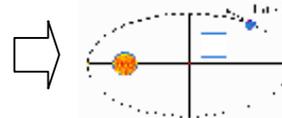
Poderíamos dizer, então, que se um satélite artificial qualquer dista R do centro da Terra e tem período de translação T, um outro satélite artificial tendo uma distância 4R até o centro da Terra terá um período de translação de valor igual a 8T. Muito simples, bastou usar a Terceira Lei. Mas, cuidado, para satélites da Terra, o ponto mais próximo desta é chamado de **perigeu** e o mais afastado é chamado de **apogeu**.

³¹ Site com mais uma simulação da primeira lei:

<http://www.lmm.fis.ufal.br/dinamica/keplermotion/keplermotion.html>

Revisando as três Leis de Kepler:

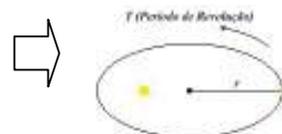
Primeira Lei: Um planeta se move descrevendo uma órbita elíptica tendo o Sol como um dos focos.



Segunda Lei: A linha que liga o Sol ao planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.



Terceira Lei: A razão entre o quadrado do período de Revolução (T^2) e o cubo do raio médio da órbita (r^3) é constante.



3.7. Galileu Galilei, o Pai da Física Moderna

Continuemos a galgar pela história da ciência. Ela nos mostra que ao mesmo tempo em que Kepler trabalhava em Praga para mostrar que a Terra não era o centro do universo, outro homem, na Itália, trabalhava no mesmo problema: Galileu Galilei.

Galileu nasceu em Pisa em 1564, era filho de um músico, Vincenzo Galilei. Estudou matemática e arranjou um lugar como professor em sua cidade natal.

Enquanto aí esteve, descobriu a lei do pêndulo (um pêndulo leva sempre o mesmo tempo a completar um ciclo, independentemente do tamanho do arco descrito) e a lei da queda dos corpos (todos os corpos, independentemente da sua massa, caem com a mesma aceleração no vácuo) e fez uma série de experiências de cinemática com bolas e planos inclinados que levaram a nada menos do que à invenção da ciência experimental como hoje a conhecemos³².



Galileu Galilei Fonte: <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica9/biografias/galileu.htm>.

Galileu era, acima de tudo, um grande inventor. Conta a lenda que durante uma missa, ao olhar os candelabros oscilando no teto da igreja ele descobriu a lei do pêndulo, ou seja, ele percebeu que um pêndulo leva sempre o mesmo tempo a completar uma oscilação completa, independentemente da distância que se afaste o pêndulo do seu ponto de repouso, ou seja sem depender do tamanho do arco descrito. Essa lei, que diz que pêndulo faz oscilação completa sempre em tempos iguais, chama-se nos dias de hoje, Lei do Isocronismo do Pêndulo, em outras palavras a lei nos diz que oscilações de pequena amplitude são isócronas, ou seja, tem a mesma duração. Essa descoberta de Galileu foi fundamental para o desenvolvimento dos relógios, pois até então não havia métodos para determinar de forma precisa intervalos de tempo pequenos. Também nos conta a lenda que, até então Galileu costumava usar sua pulsação para contagem do tempo³³.

As experiências que ele fez com os famosos planos inclinados acabaram levando-o à lei da inércia que foi mais tarde escrita formalmente por um outro cientista famoso que conheceremos mais tarde: Isaac Newton.

Para Galilei, que gostava muito de matemática,

O livro da natureza está continuamente aberto ante os nossos olhos (falo do universo), mas não pode ser compreendido sem primeiro aprendermos a linguagem e

³² GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

³³ Simulação com um relógio de pêndulo: http://www.cepa.uf.usp.br/e-fisica/material_didatico/animacoes/mecanica/pendulo_relogio.htm

*os caracteres em que está escrito. Encontra-se escrito em linguagem matemática e os caracteres são figuras geométricas*³⁴.

Acredita-se que muito cedo tenha optado pelo sistema copernicano, no entanto, com medo de parecer ridículo por acreditar que a Terra não fosse o centro do universo, manteve guardada consigo essa escolha.

Assim como Kepler, Galileu era um talentoso matemático. Ele chegou a conhecer três Leis do movimento planetário, no entanto, estranhamente nunca as reconheceu e muito menos as adotou, apesar de também defender o sistema de Copérnico. Eles chegaram a se corresponder e em uma dessas cartas (para agradecer a Kepler por ter lhe enviado uma cópia do seu livro *Mysterim cosmographicum*) Galileu escreveu: “*na verdade congratulo-me por ter no estudo da Verdade um companheiro que é amigo da Verdade*”. Dizem os historiadores de Galileu, que ele escreveu nessa carta a palavra *verdade* com letra maiúscula como uma menção a Copérnico.

“Quando tivermos dominado a arte do vôo, não haverá com certeza falta de pioneiros humanos para a viagem ao espaço. Criemos navios e velas adequadas ao éter celeste e haverá inúmera gente sem medo dos desertos vazios. Enquanto isso, preparemos, para os bravos viajantes, mapas dos corpos celestes. É o que farei para a Lua e vós, Galileu, para Júpiter.”

*Carta, datada de 19 de abril de 1610, de Johannes Kepler para Galileu Galilei.*³⁵

É bom lembrarem que o sistema copernicano, além de ofender o dogma aristotélico e a Santa Sé, afrontava também, e principalmente, o senso comum. Quando olhamos para o céu e vemos que o sol “passa” de um lado para outro da Terra, assim como os outros corpos celestes. Isso faz com que o nosso senso comum nos diga que a Terra está em repouso e que são os outros corpos que giram ao seu redor. Pensem: se ela tivesse um movimento por meio do espaço, e sobre si mesma, como não sentimos esse movimento? Raciocinemos junto com Galileu, façamos uma experiência de pensamento. Larguemos uma pedra do alto da torre de Pisa, como conta a lenda que Galileu tenha feito. Vocês concordam que a pedra cairá ao chão na base da torre e se movimentará com uma trajetória reta na vertical? No entanto, se vocês acreditam na tese copernicana de que a Terra gira sobre seu eixo, enquanto a pedra cai, a Terra se deslocará e a pedra cairá no chão afastada da base da torre. Esse afastamento dependerá da velocidade com que a Terra gira. Suponham que a pedra leva dois minutos para chegar ao solo. Com a velocidade da Terra, a torre se afasta da pedra **800m** enquanto a pedra está caindo. Por outro lado, vocês sabem que a pedra irá cair junto à base da torre.

Como Galileu aderira ao sistema copernicano ele tinha que argumentar mostrando que apesar da Terra se mover, a pedra cairá na base da torre sem que a torre se afaste.

*Para os que acreditavam em Copérnico, o mundo aristotélico estava em ruínas e nada havia para ocupar o seu lugar. Era este o dilema com que Galileu se confrontava. Para descobrir como o mundo realmente funciona, Galileu concebeu a idéia de fazer experiências cujos resultados pudessem ser analisados por meio da matemática. Esta idéia haveria de modificar para sempre o curso da história da humanidade*³⁶.

Galileu não tinha como estudar os corpos em queda livre por esses caírem muito rapidamente e nessa época não havia relógios que registrassem medidas tão pequenas de tempo. Como mencionado anteriormente foi o próprio Galileu que acabou chegando à invenção do primeiro relógio de precisão depois de ver um candelabro oscilando na igreja.

Foi por meio do uso dos famosos planos inclinados (figura abaixo) que Galileu reduziu a velocidade dos movimentos. Ao invés de descreverem trajetórias verticais, ele os faz deslizar sobre planos inclinados e muito lisos para minimizar o atrito.

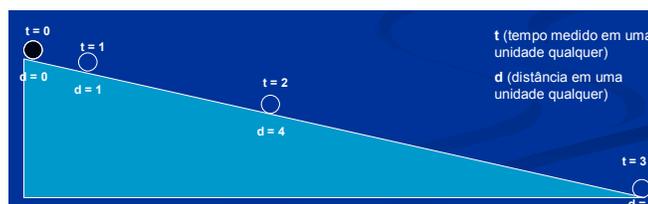
³⁴ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

³⁵ Extraído de PESSOA FILHO, 2005.

³⁶ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

Experimentou muitos esquemas para medir com precisão o tempo gasto pelas bolas na queda. O melhor destes engenhos foi uma espécie de cronômetro de água. A água circulava por meio de um tubo - que ele podia abrir e fechar com o dedo - para um segundo recipiente, enquanto a bola rolava. Seguidamente, pesava a água que tinha escorrido; o peso da água deveria ser proporcional ao tempo decorrido. Reproduções modernas destas experiências mostraram que, com a prática, ele podia, por meio deste processo, conseguir uma precisão da ordem dos dois décimos de segundo³⁷.

Galileu chegou a uma conclusão importante com essa experiência: como ele já havia previsto antes de realizar o experimento, a distância percorrida pela bola no plano inclinado, era proporcional ao quadrado do tempo, ou seja, no dobro do tempo, a bola percorreu uma distância quatro (2^2) vezes maior, no triplo do tempo, nove vezes (3^2) maior, no quádruplo, dezesseis (4^2) vezes ...



Foi usando essa técnica experimental que Galileu chegou à lei da queda livre. Ele percebeu que o resultado para a queda dos corpos em um plano era o mesmo não importando qual a inclinação deste. Em planos de qualquer inclinação, a distância percorrida pela bola era sempre proporcional ao quadrado do tempo. E aqui é que pousa sua genialidade matemática: ele assumiu que isso acontecia mesmo quando o ângulo de inclinação do plano fosse de 90° , ou seja, se o plano fosse vertical. Isso significa uma queda livre!

Galileu derrubou ainda outra sólida concepção Aristotélica de mundo ao imaginar que o corpo em queda caia no vácuo. Os aristotélicos não admitiam o nada, ou seja, o vácuo era inconcebível. Por imaginar o vácuo, ele mostrou, diferentemente do que os aristotélicos afirmavam que a queda de um corpo não dependia do seu peso, pois era a resistência com o ar que fazia com que corpos mais leves levassem mais tempo para cair do que os mais pesados.

Trecho de: Poema para Galileu

*Eu queria agradecer-te, Galileu,
a inteligência das coisas que me deste.
Eu,
e quantos milhões de homens como eu
a quem tu esclareceste,
ia jurar - que dispartes, Galileu!
- e jurava a pés juntos e apostava a cabeça
sem a menor hesitação -
que os corpos caem tanto mais depressa
quanto mais pesados são.*

Antônio Gedeão³⁸

³⁷ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

³⁸ O poema completo pode ser encontrado no site: <http://minerva.ufpel.edu.br/~histfis/poema.htm>

3.8. Os antecessores de Galileu

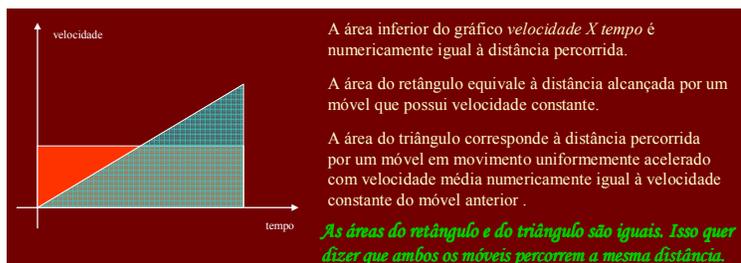


Nicole Oresme
<<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a2/Oresme-Nicole.jpg>>

Galileu, para desenvolver a Teoria da queda dos corpos, se apoiou muito na descrição do movimento feita pelos Físicos medievais. Um físico, matemático e filósofo que muito influenciou Galileu foi o francês Nicole Oresme.

Oresme usou a geometria para fazer uma dedução que foi fundamental para Galileu: *Se um móvel com aceleração constante ($\neq 0$) desloca-se em um certo tempo, sua velocidade média é a média aritmética entre a máxima e a mínima velocidade alcançada por ele. Este móvel percorreria a mesma distância (no mesmo intervalo de tempo) se estivesse com velocidade constante igual a esta média*

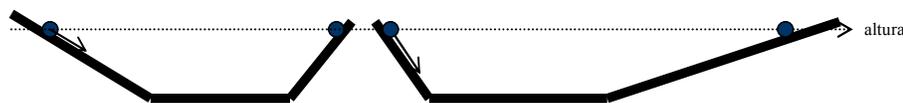
aritmética.



3.9. Da queda livre à Lei da Inércia

Segundo Galileu: o movimento mais simples é o uniforme, no qual um corpo percorre distâncias iguais em tempos iguais; o movimento uniformemente variado (que possui aceleração constante), no qual o corpo aumenta ou diminui sua velocidade em quantidades iguais em tempos iguais, é o mais simples dos movimentos acelerados. Partindo do pressuposto de que a natureza funciona de forma simples, portanto, se um corpo em queda faz parte da natureza, ele cai aceleradamente da forma mais simples, ou seja, com aceleração constante³⁹. A partir de sua consideração de que a natureza era simples Galileu foi estudar o movimento das esferas roladas em planos inclinados. Observe que a descrição dos movimentos acelerados feita por Oresme foi muito importante para os trabalhos de Galileu.

Continuando suas experiências com os planos inclinados esse italiano percebeu que se uma bola descer um plano de certa altura, esta bola tenderia a subir um outro plano à mesma altura (desprezando os atritos), não importando a inclinação deste segundo. Se o segundo plano tivesse uma inclinação maior do que o primeiro (veja a ilustração a seguir), a bola percorreria uma distância menor antes de parar. Esta bola percorreria uma distância maior antes da parada se o segundo plano tivesse uma inclinação menor, atingindo, no entanto, uma altura sempre igual a original da saída. Atentem para a genialidade de Galileu que imaginou que se o segundo plano fosse horizontal a bola jamais pararia, pois nunca atingiria a altura original.



As bolas são soltas na superfície sem atrito e atingem a mesma altura que estavam independentemente da inclinação dos planos.

Essas experiências levaram a lei da inércia e ao princípio da conservação da energia em voga até os dias de hoje. A lei da inércia, como já mencionado, acaba sendo escrita formalmente por Newton.

*O estado natural de um objeto em movimento horizontal é manter para sempre esse movimento horizontal com velocidade constante.*⁴⁰

³⁹ COHEN, 1985.

⁴⁰ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

A idéia do movimento horizontal se mantendo constantemente rompe definitivamente com a concepção aristotélica que os movimentos horizontais exigem uma causa próxima. Essa conclusão também resolvia o mistério da pedra caindo da torre de Pisa, exatamente na vertical. Se um corpo tem a tendência de manter seu movimento (devido à inércia), a pedra caindo da torre o manterá, ou seja, a pedra faz parte da Terra e portanto não deixará de ter esse movimento para frente. Em outras palavras, a pedra manterá o movimento que a Terra faz, pois ela faz parte da Terra. A Terra e todos os objetos em sua superfície estão em movimento de rotação e de translação junto com ela. O estado natural de tudo que se encontra na Terra é manter o movimento. Isto significa que nós, em relação a uma pessoa que pudesse estar parada (em relação à Terra) lá fora no universo, estamos nos movendo junto com a Terra, portanto pedra e torre se movem juntas para frente. Portanto, para nós aqui da Terra é como se tudo estivesse parado. Galileu não conhecia aviões, mas hoje em dia qualquer um sabe que quando um objeto é solto no ar de um avião, continuará se deslocando para frente com a mesma velocidade da aeronave. Este movimento combinado com a força da gravidade (para baixo) resulta em uma trajetória parabólica para o objeto.



Avião soltando um objeto. A figura mostra o mesmo avião e o mesmo objeto em quatro momentos diferentes

Quando o avião voa horizontalmente o objeto se desprende do avião. Por causa da inércia ele sai do avião com o mesmo movimento que tinha quando estava dentro da aeronave. Para o piloto, o pacote cai segundo uma linha reta vertical, no entanto para uma pessoa na Terra, o objeto cai segundo uma trajetória parabólica.

Galileu entendia perfeitamente como é o movimento de projéteis.

O mesmo raciocínio se aplica, afirmou Galileu, a qualquer projétil, por exemplo, a bala de um canhão. Na direção horizontal, a bala de canhão (desprezando a resistência do ar) conservaria a velocidade inicial imprimida pela explosão da pólvora. Entretanto, na direção vertical aplicar-se-ia a lei da queda dos corpos, mesmo quando a bala de canhão está no ponto mais alto da sua trajetória. Combinando estes dois tipos de movimento e recorrendo à matemática, Galileu mostrou que a trajetória de qualquer projétil perto da superfície da Terra era uma parábola⁴¹.

Se ainda se lembram, Aristóteles propunha que havia o mundo supralunar e o mundo sublunar e dizia que, no mundo supralunar os movimentos eram perfeitos e que aqui na Terra os movimentos eram naturais e violentos. Galileu, no entanto, propunha que a Terra e os seres humanos não estavam separados do resto do universo. A Terra era apenas um planeta como os outros e fazia parte de um Universo ainda maior. O universo, os seres humanos e tudo o que existia na Terra estavam sujeitos à leis naturais, que a Física e a Matemática podiam descrever, seja para uma bola atirada para o alto, ou para um planeta em movimento de translação ao redor do Sol. Aplicavam-se as mesmas leis a todo universo e a ciência oferecia as explicações. O que Galileu fez foi unir o Céu e a Terra, que no mundo aristotélico eram separados.

No entanto, naquele momento histórico, a conclusão de Galileu era problemática. É por volta dessa época (1616) que o livro de Copérnico passa a ser definitivamente proibido pelo Santo Ofício. Mas Galileu, que era um “cabeça dura”, acreditava que podia “desviar a igreja da sua desastrosa rota de colisão com a ciência”⁴². Como a história nos mostra, ele, por defender o sistema copernicano, acaba sendo condenado. A condenação de Galileu representou um enorme trauma nas relações entre ciência e religião. Só muitos e muitos anos depois, a igreja procurou corrigir o seu ato. Em 1893, o papa Leão XIII adotou o sistema proposto por Galileu e pasmem, só em 1992, o papa João Paulo II reconhece oficialmente o erro, afirmando que a condenação de Galileu ocorrera devido a “uma trágica e recíproca incompreensão”. Portanto, Galileu é absolvido de sua condenação de ter

⁴¹ GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

⁴² GOODSTEIN & GOODSTEIN, 2002.

defendido a idéia de que a Terra se move ao redor de si mesma e ao redor do Sol. Isso aconteceu 356 anos após sua condenação!

Para escapar dos severos castigos da Santa Inquisição, o então condenado Galileu se viu obrigado a ler um termo de confissão que haviam escrito para ele. Confessou então que tudo que tinha descoberto era um grande erro e que jamais cometeria tais heresias.

Segundo alguns que estavam próximos de Galileu no momento do juramento, ele disse baixinho após terminar a leitura: “No entanto a Terra se move em redor do Sol”. Apesar do juramento, ele foi obrigado a cumprir prisão domiciliar perpétua e nunca mais pôde publicar nada. Já velho e completamente cego de tanto olhar para o Sol com seu telescópio, Galileu morre, em 08 de janeiro de 1642, em companhia de amigos.

Antes de continuarmos com a história das descobertas de Galileu, seria interessante lermos uma poesia feita em homenagem a esse grande cientista, pai da ciência moderna:

Trecho de: Poema para Galileu

Ai, Galileu!

***Mal sabiam os teus doutos juízes, grandes senhores deste pequeno mundo,
que assim mesmo, empertigados nos seus cadeirões de braços,
andava a correr e a rolar pelos espaços
à razão de trinta quilômetros por segundo.***

Tu é que sabias, Galileu Galilei.

***Por isso eram teus olhos misericordiosos,
por isso era teu coração cheio de piedade,
piedade pelos homens que não precisam sofrer, homens ditosos
a quem Deus dispensou de buscar a verdade.***

***Por isso, estoicamente, mansamente,
resististe a todas as torturas,
a todas as angústias, a todos os contratemplos,
enquanto eles, do alto inacessível das suas alturas,
foram caindo,
caindo,
caindo,
caindo sempre,
e sempre,
ininterruptamente,
na razão direta dos quadrados dos tempos.***

Antônio Gedeão⁴³

3.10. Galileu e o telescópio

Os cálculos puramente astronômicos de Kepler não foram elementos decisivos para produzir a grande revolução que conduziria a uma imagem completamente nova do Universo. Essa tarefa coube a Galileu Galilei. Ao contrário do astrônomo alemão, que sempre viveu em países protestantes, fora do alcance da Inquisição, o cientista italiano pagou caro a sua audácia. Tudo começou em 1609, com uma viagem de Galileu a Veneza, onde ouviu falar de um aparelho construído por um artesão holandês que fazia os objetos parecerem maiores e mais próximos: **o telescópio**. De volta a Pádua, conseguiu adquirir um desses instrumentos, com o qual passou a investigar o céu.⁴⁴

As principais conclusões que Galileu chegou após suas observações com o telescópio foram:

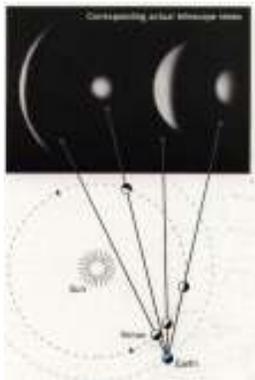
⁴³ O poema completo pode ser encontrado no site: <http://minerva.ufpel.edu.br/~histfis/poema.htm>

⁴⁴ <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica9/biografias/galileu.htm>

- ✓ o planeta Júpiter possuía satélites;
- ✓ Vênus apresentava fases, como a Lua;
- ✓ a Lua tinha muitas montanhas e vales, parecidos com os da Terra;
- ✓ o Sol apresentava manchas em sua superfície;
- ✓ existia um número muito maior de estrelas do que se podia ver a olho nu.



Telescópio de Galileu



As fases de Vênus no modelo copernicano. Fonte: <<http://www.fsc.ufsc.br/pesqpeduzzi/imagens-thg5.htm>>.

Dentre as observações que Galileu fez com o telescópio, a descoberta das fases de Vênus (semelhante às fases da Lua) tornou-se um argumento fundamental em favor do heliocentrismo de Copérnico. Em sua fase cheia, o planeta era visto pequeno, ou seja, estava mais longe da Terra (figura ao lado). Nas fases crescente e minguante, parecia ser muito maior que quando estava cheio. A explicação dada por Galileu era que Vênus, como os demais planetas giravam em torno do Sol.

3.11. Diálogo

Em 1632 Galileu publica seu livro “Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo: ptolomáico e copernicano”. O livro é uma novidade em vários sentidos.

Além de seu valor literário como exemplo máximo do barroco italiano, o “Diálogo” é reconhecidamente um clássico da literatura polêmica científica e filosófica. Galileu nessa obra, move uma violenta oposição à concepção tradicionalista do saber, combatendo a cosmologia teológico-filosófica tradicional, a astronomia ptolomáica e o modo tradicional de conceber a aplicação da matemática à astronomia e, em geral ao estudo da natureza. Evidentemente o “Diálogo” Não possui apenas o caráter opositivo ou retórico (...) ele possui também um caráter constitutivo e inovador pelo qual é considerado, pela unanimidade dos intérpretes, um marco no surgimento da ciência moderna⁴⁵.

Naquele tempo, a maioria dos livros era escrita em latim, mas Galileu escreveu o *Diálogo* em italiano, pois queria que todos o lessem e entendessem sua obra. Por isso ele é considerado como sendo o primeiro divulgador da ciência. Certamente é uma obra diferente de todas as obras científicas que vocês já ouviram falar pois, como o próprio título afirma, é um diálogo levado entre três homens: Salviati, Sagredo e Simplicio.

*No Diálogo, **Sagredo** representa o gentil-homem não especialista, mas dileta⁴⁶ e entusiasta das novas idéias científicas. É em suas falas que se encontram as idéias mais ousadas e as críticas mais irônicas e duras contra os aristotélicos e o dogmatismo na manutenção dos modos tradicionais de pensamento (p. 561). (...) No Diálogo, **Salviati** representa o novo homem de ciência, isto é, o especialista que alia a experiência ao mundo profundo da matemática, e nesse sentido, suas posições expressam as de Galileu. (...) **Simplicio** é o nome do famoso comentador de Aristóteles da primeira metade do século VI dC (p.561). (...) Cabe observar que, em italiano, a palavra “simplicio” tem também a conotação de “simplista”, “nescio”⁴⁷ e é difícil deixar de pensar que Galileu não se valha dessa ambigüidade. (...) O Simplicio histórico é uma referência óbvia a Aristóteles, sua filosofia e sua física (p. 562)⁴⁸.*

⁴⁵ GALILEI, 2001(p.12).

⁴⁶ Pessoa que exerce uma arte ou se dedica a um assunto exclusivamente por gosto e não por ofício ou obrigação

⁴⁷ Dizer ou praticar **necedades**; disparatar, dizer tolices. Ação ou dito de nescio, disparate, sandice, estupidez, ignorância crassa; **nescidade**.

⁴⁸ GALILEI, 2001.

O livro começa com Salviati dizendo:

Decidimos ontem que hoje nos encontraríamos para discorrer, do modo mais distinto e particular que nos fosse possível, acerca das causas naturais e seus efeitos, que de uma e outra parte forma apresentadas até agora pelos defensores da posição aristotélica e ptolomáica, e pelos seguidores do sistema copernicano.

No seu livro, Galileu trata do razão pela qual os corpos não são expelidos da Terra pela sua rotação, ou seja, ele trata da pergunta: **Se a terra gira rapidamente sobre si mesma, por que, então, os corpos sobre a Terra não são lançados para fora? Você já se perguntou isso?**

Galileu levanta, pela primeira vez, a idéia de que a Terra exerce uma força sobre todas as coisas chamada de gravidade (é a força com que os corpos são atraídos para a Terra). Assim, continuando com o problema da queda dos corpos, ele estudou o movimento balístico e afirma que *“os projéteis seguem uma espécie de trajetória curva, mas ninguém mostrou que fosse uma parábola. Mostrarei que o é, juntamente com outros fatos, cujo número não é pequeno e que importa conhecer e, o que julgo ainda mais importante, que abrem a porta a uma ciência vasta e crucial”*⁴⁹.

3.12. Os projéteis

O lançamento de projéteis sempre teve grande importância para a humanidade, infelizmente para fins bélicos, ou seja, como arma de guerra. Já no ano 200 aC, em Sicacusa (hoje a ilha de Sicília), Arquimedes produziu armamentos como a catapulta. Não se sabe muito bem quando foram inventadas as armas de fogo, a única informação que se tem é que o canhão foi introduzido no ocidente pelos os árabes por volta do século XIII.

Era, portanto, vital para o êxito da artilharia no campo de batalha que existisse o domínio de uma teoria que descrevesse o movimento dos projéteis, fossem eles lançados por catapultas ou por canhões. Até a época medieval as armas tinham alcance limitado, e não atingiam alvos além da linha do horizonte (~15km). Até o surgimento da Teoria de Newton, o movimento dos corpos era descrito usando as idéias aristotélicas da Teoria do Ímpeto (figura abaixo). Como vimos antes, a Teoria do Ímpeto (ou Teoria do Ímpetus) se baseou nas idéias da força impressa de Hiparco de Nicéia.

A trajetória de um projétil é descrita com base no ímpeto que lhe é comunicado pela explosão e no ímpeto do seu peso. O movimento é descrito em três fases:



Teoria do Ímpeto
<http://www.fisica.ufpb.br/~romero/hoa/objetos/top_ca.html>.

1- o ímpeto comunicado é superior ao do seu peso (trajetória retilínea AB); o ímpeto inicial vai se dissipando gradualmente (trajetória curvilínea BCD);

2 - existe ainda algum ímpeto fornecido no lançamento, mas o dominante é o do peso do projétil (trajetória retilínea DE);

3 - o ímpeto inicial esgotou-se e o projétil cai verticalmente devido exclusivamente ao ímpeto do seu próprio peso (trajetória retilínea EF).

Saiba que as leis da Física usadas para se colocar um satélite em órbita, atirar uma bala com um canhão, ou uma bola no gol durante um jogo de futebol, são exatamente as mesmas, em todos temos um movimento parabólico. Pense em tudo que você viu até agora e veja a ilustração do jogador chutando uma bola para o gol.



Fonte:
<<http://educar.sc.usp.br/fisica/proj.html>>.

O que acontece com a velocidade inicial da bola?

⁴⁹ GALILEI, 2001.

Quando a bola está subindo, a sua velocidade inicial vai diminuindo (na direção vertical) até atingir um valor mínimo no ponto mais alto da trajetória (vértice da parábola) e vai aumentando quando está descendo até atingir o solo (alcance da bola).

Por que a velocidade da bola tem esta variação?

Você sabe que para que haja variação da velocidade, é porque alguma coisa (força) está puxando o corpo, modificando sua velocidade ou trajetória. Agora vocês já sabem que se não existisse o ar, a única força que puxaria a bola seria o seu próprio peso (devido à força da gravidade), como mostrado por Galileu. A força peso atua na vertical de cima para baixo, imprimindo à bola uma aceleração denominada aceleração da gravidade. Esta aceleração, para corpos próximos à superfície da Terra, vale aproximadamente 10 m/s^2 (ou $9,8 \text{ m/s}^2$ para ser mais preciso). É esta aceleração, que para simplificação denominamos "g", que aumenta a velocidade dos corpos em queda livre em 10 metros por segundo em cada segundo de queda. Em outras palavras, ao final do primeiro segundo a velocidade será de 10 metros por segundo, no final do segundo segundo será de 20 metros por segundo, e assim por diante.

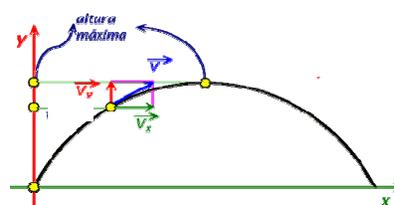
Quando temos o ar, este freia a queda do corpo e Galileu sabia disto, por isso tentou imaginar o que acontecia se não tivéssemos a resistência do ar. Todo e qualquer corpo que estiver em queda estará sob a influência da aceleração da gravidade, Como concluiu Galileu, quando o ar não existir e dois corpos de massas diferentes forem largados de uma mesma altura, os dois tendo a mesma aceleração (a da gravidade) chegarão ao solo juntos, no mesmo instante.

Quando a bola está subindo, a força peso, sendo para baixo, faz com que a velocidade diminua (movimento retardado) e quando a bola está descendo, a força peso, atuando no mesmo sentido, faz com que a velocidade aumente (movimento acelerado).

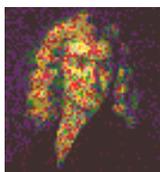
Como é a trajetória de uma bala de canhão?

Como mostrou Galileu, o mesmo raciocínio acima se aplica a qualquer projétil, por exemplo, a bala de um canhão. Na direção horizontal, a bala (desprezando a resistência do ar) conservaria a velocidade inicial (v_x) que sai do canhão pela explosão da pólvora. Entretanto, na direção vertical (y) aplicar-se-ia a lei da queda dos corpos, mesmo quando a bala de canhão está no ponto mais alto da sua trajetória (fig. abaixo). Combinando estes dois tipos de movimento e recorrendo à matemática, Galileu mostrou que a trajetória de qualquer projétil perto da superfície da Terra era uma parábola. A sua descoberta de que a inércia (tendência de um corpo para se manter em movimento com velocidade constante na horizontal) combinada com a gravidade (representada pela sua lei da queda livre) produz trajetórias parabólicas nas proximidades da superfície da Terra, foi o ponto de partida para Isaac Newton, mais tarde, mostrar como o universo trabalha.

Os eventuais problemas de Galileu com a igreja acabaram tirando da Itália a revolução científica, que vai para a Inglaterra, e será estabelecida por Isaac Newton. No entanto essa história ainda tem a contribuição de René Descartes. O sistema de sistema x-y-z foi imaginado por ele e, por isso, leva o seu nome: *coordenadas cartesianas*. Assim, Descartes deu à Lei da Inércia a forma adotada por Newton: *Na ausência de forças externas, um corpo em repouso permanecerá em repouso, e um corpo em movimento permanecerá em movimento uniforme e retilíneo.*



Fonte: <http://www.ciencia-cultura.com/paginaFisica00/vestibular00/vestibular_CinematEscalar010.html#inicio>



3.13. A natureza e suas leis ocultavam-se nas trevas. Deus disse: "Que Newton exista" e a luz foi feita⁵⁰.

Isaac Newton (foto ao lado) nasceu em 1642, o ano da morte de Galileu, como se fosse necessário que gênios de tal envergadura estivessem

⁵⁰ Alexander Pope, escritor inglês.

sempre presentes na Terra. Ele nasceu prematuro e muito frágil, uma criança que não parecia destinada a viver até os oitenta e quatro anos. Seu pai (também chamado Isaac Newton) morrera três meses antes de seu nascimento e sua mãe se casou novamente e deixou Newton para ser criado pela avó. Aos 11 anos seu padrasto morreu e sua mãe desejou que as propriedades deixadas por seu falecido marido fossem administradas por Newton. No entanto este homem de gênio difícil, que não queria saber das propriedades, acabou transformando a história da humanidade.

Aos dezenove anos Newton foi estudar em Cambridge no Trinity College, escola que ainda tinha um currículo aristotélico. Formou-se quatro anos após e quando saiu, teve que voltar logo para a casa da sua família em Woolthorpe para fugir da peste bulbônica. Acredita-se que os anos passados lá foram os mais produtivos. Dizem os seus biógrafos que foi durante os anos de peste bubônica que Newton produziu quase todos os seus trabalhos. Em 1687, Newton publicou a sua mais importante obra, os “Principia”, (*Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, ou na tradução para o português, *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*) na qual postula as suas três Leis mais importantes, hoje conhecidas como “as Leis de Newton”. Quem nunca ouviu falar delas? A primeira lei é o princípio da inércia, herdado de Galileu e de Descartes: **todo o corpo permanece em estado de repouso ou em movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar seu estado por forças impressas nele**⁵¹.

No caso de um carro que se movimenta com velocidade constante e em linha reta, a força que o motor faz só serve para vencer o atrito. Esta força (para frente) e a força de atrito (para trás) se anulam e o carro segue em movimento retilíneo uniforme.

A lei da inércia segundo Garfield

Newton disse que um corpo permanece em repouso ...



se não houver nada que possa tirá-lo deste estado, ou seja, alguma interação com qualquer outro corpo.

Mas também permanece em movimento ...



constante, sem alteração de sua quantidade de movimento até que encontre algo com que interagir.

Às vezes não percebemos que estamos em movimento ...



porque quando o movimento é uniforme, não podemos senti-lo ou distingui-lo do estado de repouso.

Mas uma mudança brusca pode nos lembrar disso!



Somente quando estamos acelerados realmente sentimos algo que nos permite dizer que estamos em movimento.

Quadrinhos de Jim Davis, extraídos da Folha de São Paulo e da revista "Garfield na Mairô"

<http://axpfe1.if.usp.br/~gref/mec/mec2.pdf>

⁵¹ NEWTON, 2002.

A segunda lei de Newton, a verdadeira chave-mestra da sua dinâmica, diz o que acontece a um corpo quando sobre ele atua uma força resultante.

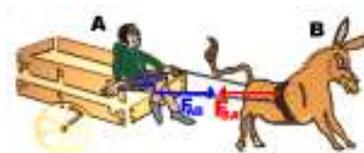
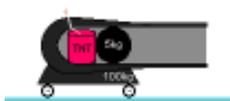
A mudança do movimento é proporcional à força impressa e se faz segundo a linha reta pela qual se imprime essa força⁵².

Prestem atenção que Newton, na verdade nunca escreveu a fórmula conhecida por todos: $F = ma$ (a **força** resultante que atua sobre um corpo é igual à sua **massa** multiplicada pela **aceleração** que ele adquire). Só muitos anos depois de sua morte é que os físicos sintetizaram a segunda Lei com essa fórmula. Newton a definiu de outra forma. Nos *Principia*, Newton definiu quantidade de movimento como o produto da velocidade (isto é, velocidade mais direção mais sentido) pela quantidade de matéria (ou seja, a massa). Ele então afirmou que força é a variação da quantidade de movimento dividida pelo tempo. Foi assim que Newton definiu sua segunda Lei: $F = \Delta mv / \Delta t$

A terceira Lei é mais conhecida como Lei de ação e reação e foi escrita por Newton da seguinte forma:

A uma ação sempre se opõe uma reação igual, ou seja, as ações de dois corpos um sobre o outro sempre são iguais e se dirigem a partes contrárias⁵³.

Um canhão empurra a bala para frente e a bala o joga para trás. Uma pessoa em cima de uma canoa tenta se propelir para um lado e a canoa vai para o outro. O foguete faz a ação de empurrar os gases da combustão para baixo e os gases fazem a reação, que é forçar o foguete para cima (figuras abaixo).



Fonte: <http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica6/dinamica/acao_e_reacao.htm>.

As forças de ação e reação nunca se anulam porque atuam em corpos diferentes. Com força de mesma intensidade que o burro puxa a carroça, esta puxa o burro.

Fonte: <<http://educar.sc.usp.br/fisica/dinateo.html>>.

As três Leis de Newton vêm para substituir os princípios aristotélicos de movimentos naturais, violentos e perfeitos. Para chegar a essas Leis e à sua Lei da Gravitação Universal Newton combinou a idéia de força da gravidade, postulada por Galileu e as três Leis de Kepler. Não é por acaso que se tornou famosa sua afirmação “*se pode ver mais longe é porque estava sobre os ombros de gigantes*”. Acredita-se que Newton se referia a Copérnico, Brahe, Kepler, Galileu e Descartes. Cada um desses gigantes ajudou a colocar em pé uma parte do edifício da Física newtonina, mas foi Newton quem entendeu como se uniriam as peças. Não é à toa que hoje se costuma ler “então apareceu Newton tudo se fez luz”.

Como já mencionado, os anos mais produtivos de Newton foram os anos da peste bubônica. Conta a lenda que ele postulou a lei da Gravitação Universal no jardim de sua casa quando uma maçã lhe caiu sobre a cabeça. Dizem que a história da maçã não passa de uma lenda, em todo caso, quando se olha para os desenhos originais produzidos por Newton a estória faz sentido.

Diz a lenda: Newton estava descansando na sombra de uma macieira e pensando sobre qual seria a força que faz com que a Lua gire em torno da Terra e que faz os planetas orbitarem o Sol. Seguiu descansando e pensando até adormecer. Foi despertado subitamente quando uma maçã caiu sobre sua cabeça. Ele então levantou rapidamente e disse:

“É claro! O que faz a Lua girar em volta da Terra, ou os planetas em torno do Sol é a mesma força que fez com que esta maçã caísse sobre minha cabeça – a força da gravidade”.

⁵² Newton, 2002.

⁵³ Newton, 2002.



Ainda bem que era uma maçã.

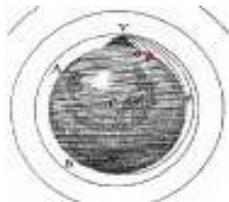
Imagem!

Fonte:

<<http://nautilus.fis.uc.pt/astro/hu/g ravi/images/imagem48.jpg>>.

A experiência pensada por Newton explica porque a Lua não cai para a Terra, apesar de ser puxada pela força da gravidade para o centro de nosso planeta. A Lei vale também para os satélites artificiais, orbitando sob a ação da gravidade terrestre.

A figura abaixo mostra a Terra com um canhão sobre uma montanha, é um dos desenhos originais de Newton (veja também a outra figura abaixo). Ele imaginou um canhão capaz de lançar um projétil a grandes distâncias. Além de conceber este canhão colocado em cima de uma montanha, ele supôs que a resistência do ar fosse desprezível. Se o canhão dispara um projétil com certa velocidade, a bala descreverá um percurso chamado de “movimento balístico” no qual o projétil perde altitude até cair na Terra. Depois, Newton imaginou o projétil sendo lançado com uma velocidade inicial maior, refazendo este procedimento até que para certa velocidade inicial o projétil entra em órbita. Digamos que o projétil quer continuar descrevendo o movimento balístico, mas não há como, pois “ele não alcança mais o chão”, a Terra teria que ser um pouco maior.



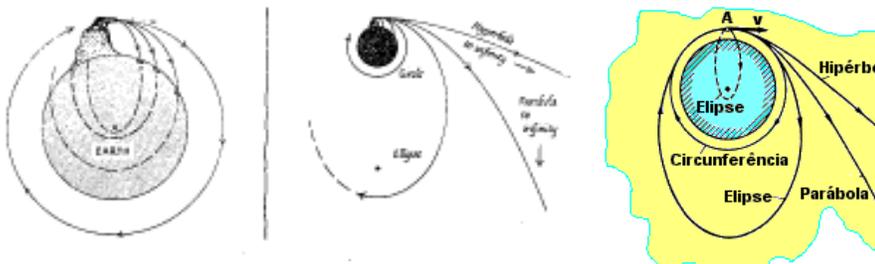
Fonte: <<http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/history/newtongrav.html>>.



Fonte: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Planeta>>.

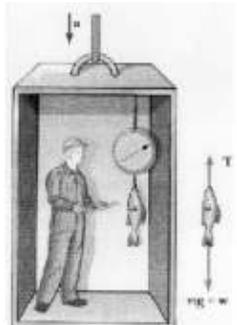
Isto significa que a velocidade para entrar em órbita em planetas maiores que a Terra terá que ser bem maior, até porque a força da gravidade de um planeta é proporcional à sua massa. E, lembrem-se, mais massivo o planeta, maior sua gravidade. Assim, no caso do canhão sobre a montanha, aumentando-se a velocidade de lançamento do projétil faz-se com que este percorra distâncias cada vez maiores, até que para certa velocidade ele acaba circulando a Terra. A essa velocidade dá-se o nome de “velocidade orbital”, ou seja, é o mínimo valor de velocidade com a qual o projétil entra em órbita. Neste movimento só atua a força da gravidade e é justamente ela que faz com que o projétil descreva uma órbita ao redor da Terra.

Como vimos, Issac Newton propôs o "experimento imaginário" de colocar um canhão no topo de uma alta montanha e disparar um projétil a uma velocidade suficientemente alta para que entrasse em órbita ao redor da Terra. Se a bala fosse apenas solta, cairia verticalmente em direção ao centro da Terra; conforme sua velocidade (que é tangencial em relação à Terra) fosse sendo aumentada, seguiria a trajetória de um segmento de curva, com seu ponto de intersecção com o solo cada vez mais distante; a uma velocidade ainda maior, sua trajetória não mais seria interceptada pela Terra (veja as figuras abaixo). Conforme a velocidade for aumentada mais ainda, sua trajetória será um círculo, depois uma elipse para, finalmente, quando a velocidade for 41% maior que a velocidade de órbita circular, o projétil seguirá uma trajetória parabólica, ou de escape da gravidade terrestre, para nunca mais retornar (compare as figuras).



Fonte:
<http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto37.asp>.

Vejam a que conclusão incrível Newton chegou: quando o projétil está em órbita terrestre é como se ele estivesse continuamente “caindo” em direção à Terra, sem nunca atingi-la, ou seja, o projétil quer completar seu movimento balístico de volta a Terra, fica constantemente caindo, mas nunca atinge o chão. Isto parece surrealista, mas é assim mesmo, os satélites (incluindo a Lua) que estão lá em cima estão sempre em queda livre. É por esse motivo que astronautas e todo o resto das coisas dentro das espaçonaves em órbita da Terra ficam flutuando – ficam **aparentemente** sem peso. Portanto, a aparente ausência de peso dos astronautas, ou de qualquer corpo em órbita, deve-se ao fato de a gravidade puxá-los para baixo enquanto a sua inércia tenta mantê-los viajando em linha reta. Repetindo, é como se estivessem constantemente “caindo” sem nunca chegar ao chão. E nunca chegam ao chão porque, do ponto de vista da espaçonave, que tenta mover-se em linha reta, a superfície da Terra também está constantemente caindo. É justamente esse “estar em queda livre” que simula o estado de não ter ação da gravidade. Vejam que no ponto onde se encontram os satélites a gravidade da Terra continua agindo, mas é a constante queda livre que **simula** a falta de gravidade.



Em um elevador que desce aumentando sua velocidade, tem-se a sensação de que as coisas pesam menos.

Vocês já devem ter sentido isso quando estão se movendo dentro de um elevador. Quando ele é acelerado rapidamente e começa a descer, a sensação que se tem é que vamos descolar do chão do elevador.

A sensação de ausência de peso ocorre devido à inexistência de forças de contato, já que a gravidade não deixa de agir tanto neste elevador quanto no espaço onde se encontram os satélites. Novamente, é a partir da mecânica de Newton que se entende a inexistência de forças de contato.

Lembre-se que peso e massa são grandezas diferentes. De acordo com a segunda Lei de Newton, peso é o produto da massa pela aceleração da gravidade local. Uma pessoa que sai da Terra e vai para a Lua tem seu peso diminuído, apesar de continuar com a mesma massa (veja a figura abaixo), uma vez que a aceleração da gravidade lunar é menor que a terrestre.



Fonte:
<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica6/dinamica/pesocorpo.htm>.

Garfield



Folha de São Paulo, 1994

O que são forças de contato?

Na verdade, uma balança não mede o peso “P” diretamente, ela mede a força que Newton chamou de normal (Força “N”), isto é, a força de contato entre, por exemplo, uma pessoa e a superfície da balança. No equilíbrio, ou seja, se a pessoa está quieta sobre a

balança, usando a segunda lei de Newton: $\text{Peso Real} - \text{Normal} = 0$, concluímos que a normal é igual ao peso $N = P$, quer dizer, medindo-se a Normal, estamos medindo também o Peso. É claro que se você não ficar quieto sobre a balança ela não indicará seu peso corretamente. Da mesma forma, se você colocar uma balança (que não tenha contrapeso) no piso de um elevador e se ele estiver subindo, seu “peso” marcado pela balança será maior. Se ele estiver descendo, seu “peso” aferido será menor (lembre-se que você continuará com o mesmo peso, só a marcação da balança será diferente). Se o elevador estiver caindo (em queda livre), seu “peso” será zero, em outras palavras, **aparentemente** você não pesa nada. Note então que a Terra continuará te atraindo da mesma forma, mas a balança não conseguirá medir essa força porque ela se baseia na medição da força de contato, que nesse caso é nula.

A mesma coisa acontece em uma nave espacial, só que nesse caso ela possui uma velocidade tangencial e por isso não cai diretamente para a Terra, mas cai em uma trajetória circular. A balança marcaria “peso” nulo para qualquer coisa na nave espacial. A Terra atrai os corpos mesmo no espaço a não ser que estes sejam enviados para bem longe, onde a influência da gravidade da Terra é desprezível. Se a estação espacial internacional perdesse, por algum motivo sua velocidade tangencial em relação à Terra, ela cairia como uma pedra. Saiba que ela está caindo, mas sempre erra o “alvo” porque está girando em torno da Terra com a velocidade tangencial. Tudo na nave flutua, mas não porque a Terra deixa de atrair. Lembre-se que ela não estivesse atraindo a nave não ficaria orbitando, sairia pela tangente rumo ao espaço. Portanto, em uma nave espacial em órbita da Terra não se tem a sensação de peso, é como no elevador que cai. Se você pular de um edifício segurando um tijolo e durante a queda o soltar, você o verá “flutuando” ao seu lado. Ele está caindo com a mesma aceleração que você. Então, a balança mede de fato o “peso aparente” das coisas, que coincide com o que chamamos de peso, ou seja, coincide com a força que a Terra exerce sobre os corpos, quando a balança está sem aceleração. Em uma nave caindo o peso aparente é nulo, mas a força da Terra continua existindo. Einstein, com sua Teoria da Relatividade Geral, mostrou a correspondência entre aceleração e gravidade. Se você estivesse no espaço vazio, longe da força gravitacional, dentro de uma caixa fechada e com aceleração de $9,8 \text{ m/s}^2$, teria a impressão de estar na gravidade da Terra (figura abaixo e à direita). Nenhum experimento que você fizesse dentro da caixa poderia provar que você não estivesse submetido à gravidade, mas sim acelerado no espaço vazio. As duas situações seriam equivalentes do ponto de vista da Física. Assim, de certa forma um elevador caindo na Terra equivale a um lugar sem gravidade.



Astronauta em órbita. Ele aparentemente não tem peso, mas a Terra continua atraindo-o. Este homem e tudo mais dentro da nave estão em queda livre.



O ambiente espacial é único devido ao vácuo, radiação de alta energia proveniente do Sol e de outras fontes cósmicas, e da aparente ausência de efeitos gravitacionais. Este último fator, chamado de **microgravidade**, permite observar e explorar fenômenos e processos em experimentos científicos e tecnológicos que seriam mascarados sob a influência da gravidade terrestre. A condução de experimentos em um ambiente de microgravidade possibilita um melhor entendimento do fenômeno, e o posterior aperfeiçoamento de processos físicos, químicos e biológicos na Terra.

A exposição de longa duração a uma gravidade quase nula, é uma situação que não pode ser reproduzida na Terra. A gravidade é uma das quatro forças fundamentais da Física (sendo as outras a força eletromagnética, a força de ligação nuclear fraca e a força de ligação nuclear forte), e não pode simplesmente ser “desligada”.

É importante entender como a condição de ausência de gravidade aparece em espaçonaves orbitando a Terra em altitudes relativamente baixas. A maioria dos veículos de acesso ao ambiente de microgravidade aqui caracterizados como plataformas, tais como o Ônibus Espacial e a Estação Espacial Internacional (EEI), possui órbitas entre 200 e 450 km de altitude. A estas distâncias, a aceleração da gravidade é, aproximadamente, 10% menor do que aquela da superfície da Terra, isto é, o espaço em si, não é uma região livre de gravidade. Se pudéssemos construir um prédio com 350 km de altura, os moradores de sua cobertura estariam firmemente fixados ao assoalho pela força gravitacional terrestre, ao invés de flutuarem livremente como os tripulantes de uma espaçonave orbitando na mesma altura.

Pela lei da gravitação de Newton, uma nave teria a atração gravitacional da Terra reduzida em um milhão de vezes, somente quando estivesse a **6,4 milhões de quilômetros de distância**, ou seja, a uma distância 17 vezes maior do que aquela entre a Terra e a Lua.

Como mencionado anteriormente, o fenômeno da microgravidade ocorre porque a espaçonave e tudo que se encontra dentro dela está em um estado chamado de queda livre. Todo o objeto neste estado fica sujeito à condição de microgravidade, que ocorre quando ele cai em direção ao centro da Terra com uma aceleração igual àquela da gravidade (aproximadamente $9,8 \text{ m/s}^2$). Como vimos, um veículo orbital cai continuamente, pois lhe foi dada uma velocidade inicial tal que sua trajetória o leva além da superfície da Terra, antes que o campo gravitacional terrestre possa puxá-lo para o solo. Assim, a astronave e todos os objetos em seu interior estão sob a influência da gravidade; eles só "não têm peso" relativamente ao sistema de referência que se move com o veículo. O termo microgravidade vem do fato de não existir um ambiente de gravidade zero em um veículo orbital.

As operações associadas normalmente a uma espaçonave, também influem na alteração da gravidade no seu interior. Elas geralmente são vibrações de natureza aleatória, por exemplo, um astronauta balançando a cabeça, irá imprimir uma pequena aceleração sobre a nave. Manobras para correção de órbita da astronave também produzem variações no nível de gravidade e, todo este conjunto de perturbações, deve ser cuidadosamente considerado no momento do planejamento de um experimento em microgravidade.

3.14. A famosa equação

Mesmo antes de Newton, já se acreditava em uma força entre o Sol e os planetas que decrescia com o quadrado da distância, ou seja, uma força que diminuía quatro vezes (2^2) quando a distância entre os astros fosse dobrada ou quando os corpos celestes ficavam três vezes mais longe, a força diminuía nove (3^2) vezes e assim por diante.

Apesar de acreditarem no inverso do quadrado da distância, nenhum cientista tinha conseguido chegar a uma equação que descrevesse o movimento planetário ou possibilitasse colocar um objeto em órbita na Terra. Foi Newton que, a partir de sua Segunda Lei ($F = m \cdot a$) combinada com a Terceira Lei de Kepler ($T^3/r^2 = \text{constante}$), chegou lá.

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

"F" quer dizer força de atração gravitacional, "M" significa a massa de um astro (a Terra, por exemplo), "m" quer dizer a massa de outro corpo (que pode ser a Lua, um satélite artificial, etc) e "r" a distância entre o centro de massa desses dois corpos. "G" é a constante de gravitação universal e vale $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

Observe que, como conseqüência da descoberta da equação, Newton conseguiu determinar a aceleração da gravidade (g) na superfície da Terra.

$$F = \frac{GM}{R^2} m = gm$$

Se, como na equação acima, multiplicarmos a constante de gravitação universal "G" pela massa da Terra "M" e dividirmos pelo quadrado de seu raio ("R"), encontraremos "g", ou seja, a aceleração da gravidade de nossa superfície: $9,8 \text{ m/s}^2$.

Além de descrever o movimento dos corpos celestes, a Gravitação newtoniana explicou, de quebra, **o fenômeno das marés**.



Maré baixa

Maré alta

Fonte:
<<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica5/leituras/mars.htm>>.

O nível do mar sobe e desce devido à influência gravitacional do Sol e principalmente da Lua sobre as águas.



Na figura ao lado, tem-se uma representação da Lua girando em volta da Terra. Onde você vê a coluna de água mais grossa, a maré está alta. As partes do planeta que não estão na direção da Lua, estão com maré baixa.

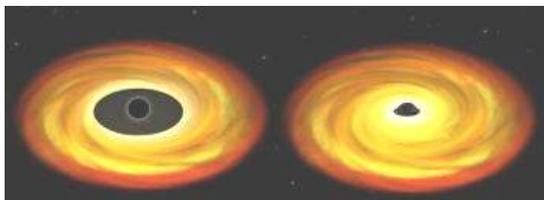
3.15. Velocidade de escape

Se atirmos uma pedra para cima ela "sobe" e depois "desce", certo? Nem sempre! Se atirmos um corpo qualquer para cima com uma velocidade "muito" grande, esse corpo "sobe" e se livra do campo gravitacional da Terra, não mais "retornando" ao nosso planeta. A velocidade mínima para isso acontecer é chamada de *velocidade de escape* que vale, na superfície da Terra, 40.320 Km/h. Na superfície da Lua, onde a gravidade é mais fraca, é 8.568 Km/h e na superfície gasosa do gigantesco Júpiter é 214.200 Km/h⁵⁴. Para encontrar o valor da velocidade de escape, basta igualar a energia cinética à gravitacional.

$$\frac{1}{2} m_1 v_e^2 = \frac{m_1 m_2 G}{R} \quad \Rightarrow \quad v_e = \sqrt{\frac{2 G m_2}{R}}$$

O que acontece quando a velocidade de escape é maior que à velocidade da luz?

Quando a velocidade de escape em um corpo celeste é superior à velocidade da luz no vácuo, chamamos este corpo de buraco negro, que produz um campo gravitacional tão forte que nem a luz consegue escapar. Por isso nós o vemos negro, já que a luz não consegue sair dele para chegar até nós. O diâmetro do Sol é mais de 100 vezes o diâmetro da Terra. Ele se transformaria em um buraco negro caso se contraísse a um diâmetro menor que 6 Km.⁵⁵



Buraco negro (arte)

Fonte:
<<http://www.portaldoastronomo.pt/noticia.php?id=302>>.

⁵⁴ <http://www.observatorio.ufmg.br/pas19.htm>

⁵⁵ <<http://www.observatorio.ufmg.br/pas19.htm>>.

3.16. De Aristóteles aos Satélites Artificiais

Hoje em dia sabemos que nem mesmo o Sol é o centro do universo e sim que se move na periferia da Via Láctea. Sabemos que, como os planetas, os satélites estão sujeitos às mesmas leis da Física que descrevem os movimentos dos corpos celestes.

Você já sabe para que servem os satélites artificiais e conhecem as partes que os compõe. Você também já sabe como se coloca um satélite em órbita terrestre. Entende, também, que para que um satélite comece a órbita ele tem que ser lançado da Terra com certa velocidade. A essa velocidade chamamos de *velocidade orbital*. Isso nos leva a uma nova pergunta.

Qual será o valor da velocidade orbital?

Em outras palavras, como podemos calcular a velocidade que um satélite precisa ter para entrar em órbita?

Colocar um satélite em órbita não é um trabalho muito fácil, mas sabendo-se a teoria de Newton acima mostrada e as leis de Kepler podemos ter uma boa idéia de como se faz isso.

O movimento que a Lua, ou um satélite artificial descrevem ao redor da Terra é denominado, para efeito de cálculos, de “movimento circular uniforme” (MCU). Nas órbitas mais próximas da Terra, podemos dizer que os satélites descrevem círculos (na verdade são elipses de excentricidade pequena). Para entendermos o MCU, precisamos relembrar o que vem a ser inércia.

Vocês já tentaram girar uma pedra em um barbante?



Fonte:
<<http://axpfep1.if.usp.br/~gref/mec/mec2.pdf>>.

Este é um movimento circular uniforme (se a pedra girar sempre com a mesma velocidade). O que aconteceria soltarmos a corda?

Se de repente deixarmos de segurar a corda, a pedra seguirá uma reta tangente à trajetória, ou seja, sairá pela tangente. O mesmo aconteceria se a força da gravidade cessasse. A saída da pedra (ou da Lua no último caso) pela tangente se deve ao princípio da inércia.

Mas o que é mesmo o princípio da inércia?

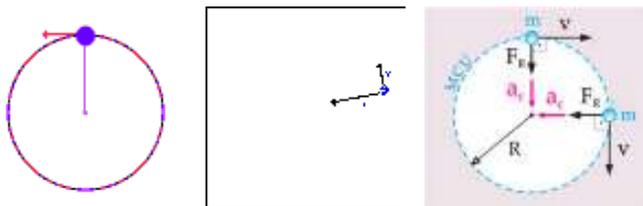
Como já vimos, antes de Galileu, a maioria dos pensadores acreditava que um corpo em movimento encontrava-se em um estado *forçado*, enquanto que o repouso seria o seu estado *natural*. Em outras palavras, os antigos cientistas estavam convencidos que para manter um corpo em movimento, seria necessário aplicar o tempo todo uma força sobre ele. Nossa experiência diária parece confirmar essa afirmativa. Quando colocamos um livro sobre uma mesa é fácil constatar seu estado natural de repouso. Se colocarmos este livro em movimento, dando-lhe apenas um rápido empurrão, notamos que ele não irá se mover indefinidamente: o livro deslizará sobre a mesa até parar. É fácil observar que cessada a força de empurrão da mão, o livro retorna ao seu estado natural de repouso. Logo, para que o livro se mantenha em movimento retilíneo uniforme parece ser necessária a ação contínua de uma “força de empurrão”.

Galileu, entretanto, foi contra essa idéia de movimento ser um estado necessariamente forçado, argumentando que o livro só interrompeu seu deslizamento (vindo a parar) em razão da existência de atrito com a mesa. Se lançássemos o livro sobre uma mesa menos áspera, haveria menos resistência ao seu deslizamento e ele escorregaria por mais tempo. Se o seu lançamento ocorresse sobre uma mesa perfeitamente polida, livre de atritos, o livro manter-se-ia em movimento retilíneo uniforme indefinidamente (se a superfície da mesa fosse infinita), sem a necessidade de estar sendo continuamente empurrado.

Vocês devem se lembrar dos planos inclinados de Galileu. Quando a bola rolava para baixo do plano ela tenderia a ir até a mesma altura que estava antes, mas se o outro plano fosse horizontal a bola não pararia, ela continuaria a se movimentar para sempre! Assim, como diria Newton, todo corpo em repouso tende a continuar em repouso e todo corpo em movimento retilíneo uniforme tende a permanecer com este movimento.

No cotidiano, notamos essas tendências ao observarmos uma pessoa de pé no interior de um ônibus. Quando o ônibus arranca, o passageiro, por inércia, tende a permanecer em repouso em relação ao solo terrestre. Como o ônibus vai para frente, a pessoa que não estava se segurando cai para trás tendendo a ficar no lugar onde estava originariamente em relação ao solo. Agora, se o ônibus estivesse em movimento e de repente freasse, a pessoa tenderia a continuar o movimento original do ônibus. Ocorrem muitos acidentes com freadas bruscas e costumamos dizer que a pessoa “foi atirada para fora do carro pelo vidro”. Na verdade isto foi a tendência da pessoa continuar a se mover como se movia originariamente. Em outras palavras, isto é a inércia.

Se um corpo está em movimento circular uniforme (MCU) é porque uma força atua sobre ele, caso contrário seria retilíneo. Para que um corpo permaneça em MCU é necessário que sobre ele atue uma força de intensidade constante, apontada para o centro da trajetória (figuras abaixo), como a força da gravidade.



<<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica6/cinematica/circular.htm>>
<<http://www.isa.utl.pt/der/Fisica/circular.html>>
<<http://www.cocemsuacasa.com.br/ebook/pages/7099.htm>>

Façamos um experimento com um balde cheio de água sendo girado por uma corda (fig. da direita). Veja que não nos molhamos, ou seja, a água dentro do balde, apesar de estar sendo puxada com ele, pela corda, não cai sobre nós. Balde e água descrevem um movimento circular uniforme. A força que atua sobre o balde na direção do centro do movimento é a tensão da corda.

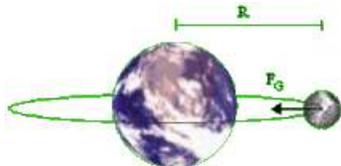


Fonte:

<<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica6/cinematica/circular.htm>>

No caso do projétil imaginado por Newton (ou um satélite), a gravidade da Terra é a força que faz com que o projétil descreva um MCU.

É a força de tensão da corda presa ao balde de água, que se comporta como a força da gravidade. Portanto, é justamente da forma imaginada por Newton que satélites artificiais são postos em órbita terrestre.



Fotne: <<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica6/gravitacao/gravitacao.htm>>

Tanto a força de tensão da corda que segura o balde quanto a força da gravidade (que vamos chamar de força peso, ou simplesmente P), têm uma característica em comum: apontam para o centro da trajetória circular. Todo corpo que se movimenta fazendo curva (como a Lua ou o balde que comentamos anteriormente) sofre esta força que, por apontar para o centro, é conhecida como *Força Centrípeta*.

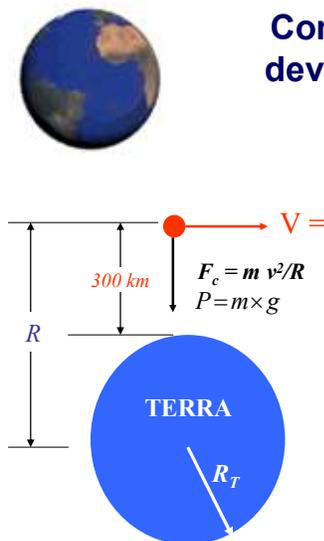
Podemos achar o valor da Força centrípeta (F) multiplicando a massa do corpo (m) por sua velocidade elevada ao quadrado (v^2) e dividindo pelo raio da trajetória (R).

$$F = m \frac{v^2}{R}$$

Agora que você já conhece o MCU, que tal conhecer também como se acha a velocidade que um satélite deve ter para entrar em órbita?

Para isso você precisa lembrar que, de acordo com a 2ª Lei de Newton ($F_R = m \times a$), o peso (P) do satélite é $P = m \times g$. Precisa saber também que quem faz o papel de força centrípeta ($F = mv^2/R$) é o peso (P), então, essas duas forças têm o mesmo valor.

Considere um satélite de massa (m) a 300 km da superfície da Terra. Desprezando-se o atrito com o ar, vamos calcular a velocidade de lançamento do satélite para que ele possa entrar em órbita.



Com que velocidade um satélite deve entrar em órbita da Terra, a uma altura de 300 km?

$$P = F_c$$

$$m \times g = mv^2/R$$

Conseqüentemente: $v = \sqrt{R \times g}$

$$R = R_T + d \begin{cases} R_T \approx 6.378 \text{ km} \\ R = 6.378 + 300 = 6.678 \text{ km} \end{cases}$$

$$V = 7,7 \text{ km/s} = 27.816 \text{ km/h} \text{ !!!!!}$$

(Filho, 2005)

3.17. Relembrando o que foi estudado

Os satélites são responsáveis pela previsão do tempo, comunicação, navegação, defesa e levantamento de recursos naturais. Eles têm hoje grande importância em nossa sociedade.

A Física que possibilitou o lançamento dos satélites e a ida do homem para a Lua, foi desenvolvida no século XVII, por Isaac Newton, que se baseou em descobertas de outros cientistas, principalmente de Galileu e Kepler. Para que eles desenvolvessem suas teorias, foi fundamental o trabalho de Copérnico que iniciou a era do heliocentrismo. Aristóteles e Ptolomeu também contribuíram muito, pois criaram teorias que estimularam e difundiram o pensamento cosmológico. Este pensamento levou outros cientistas (como Kepler, Galileu e Newton) a desenvolverem uma ciência que tornou possível a colocação de um corpo em órbita da Terra.

Referências bibliográficas

COHEN, Bernard. **O nascimento de uma nova física**: de Copérnico a Newton. São Paulo: Editora EDART, 1967.

COPÉRNICO, Nicolau. **Commentariou**. Introdução, tradução e notas: Roberto de Andrade Martins. 2. ed. São Paulo: Livraria da Física, 1990.

PESSOA FILHO, José Bezerra. **Satélites e suas Aplicações**. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola, CD-ROM.

PESSOA FILHO, José Bezerra. **O Contexto Histórico da Corrida Espacial**. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola, CD-ROM.

PESSOA FILHO, José Bezerra. **O Veículo Lançador de Satélites (VLS)**. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola, CD-ROM.

PESSOA FILHO, José Bezerra. **Os Benefícios da Corrida Espacial para a Humanidade**. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola, CD-ROM.

GALILEI, G. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. Tradução, introdução e notas de Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Discurso Editorial, 2001.

GOODSTEIN, J. R & GOODSTEIN, D.L. **A lição esquecida de Feynman**. Lisboa: Gradiva, 2002.

NEWTON, Isaac. **Principia**: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural. Tradutores diversos. 2. ed. São Paulo: Editora da USP, 2002. Livro I.

PEDUZZI, Luiz O. Q. **Força e movimento**: de Thales a Galileu. Florianópolis, 1998.

SOUZA, Petrônio Noronha de. **Satélites e Plataformas Espaciais**. Módulo I – AEB Escola.

APÊNDICE B

Textos do CD 02

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Física
Instituto de Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS



CONTEXTO HISTÓRICO DA INVENÇÃO DOS SATÉLITES



Texto integrante de Dissertação realizada sob orientação da Prof^ª. Dr^ª. Erika Zimmermann, apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília e intitulada MÓDULO DE ENSINO DE MECÂNICA NEWTONIANA COM USO DE ABORDAGEM CTS - HISTÓRICA.

RÓBER CARLOS BARBOSA DUARTE

BRASÍLIA – DF, agosto de 2006

CONTEXTO HISTÓRICO DA INVENÇÃO DOS SATÉLITES

1. Introdução

Agora que você já sabe como são, para que servem e como colocamos em órbita os satélites artificiais, seria interessante que você entendesse o que acontecia no mundo quando eles foram inventados, ou seja, saber por que e como eles foram construídos.

Você sabe o que levou à invenção dos satélites artificiais? Ou melhor, você sabe o que estava por trás dessa invenção? Por que será que o homem queria ficar vendo a Terra de longe?

2. A Rússia Czarista

Os satélites foram resultado de um movimento social ocorrido na Rússia em 1917 que levou ao poder pela 1ª vez na história a classe operária, implantando o Socialismo. Em outras palavras, tudo começou com o final da Rússia Czarista, ou seja, começou com a Revolução Russa. Antes de 1917, a Rússia era uma monarquia governada pelos Czares. O termo Czar significa Imperador e teve origem no nome latino César. A revolução foi consequência da insatisfação com o Czarismo e do empobrecimento do povo russo.

Os camponeses, na Rússia czarista, viviam numa situação de grande pobreza. Para uma pessoa adquirir terras para cultivo, era obrigada a pagar pesados encargos aos senhores do Estado. Isso fez com que muitas pessoas vivessem endividadas e, sem dinheiro para cultivar, elas não conseguiam produzir o suficiente para sustento de suas famílias.⁵⁶

No fim do século XIX, o Czar iniciou um processo de industrialização na Rússia. Ele sabia que sem indústrias sua nação não conseguia competir com outros países da Europa. Os recursos para financiar as indústrias vieram de empréstimos estrangeiros e de um aumento violento dos impostos.

Com a industrialização começou a surgir uma nova classe social na Rússia, a classe operária. Tão explorada quanto os camponeses, os operários cumpriam longas jornadas de trabalho por salários miseráveis, enquanto poucos aristocratas detinham a riqueza e o poder.



À esquerda membros da elite abastada. À direita, mulheres rumo ao trabalho.

<http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/humanas/historia/tc2000/hisger29.pdf>

No ano de 1905 a pobreza era tão grande que o povo não agüentava mais. Em janeiro deste ano, os camponeses e os operários organizaram uma passeata em São Petesburgo, liderados pelo padre Gapon, da Igreja Ortodoxa Russa. Os manifestantes acreditavam que Nicolau II, o então czar, não sabia da situação de miséria e fome do povo. Nesse clima de paz homens, mulheres e crianças desarmados foram às ruas cantando músicas religiosas. Porém, considerando isso uma insolência, o czar ordenou um massacre. A cavalaria real avançou sobre a multidão pisoteando os manifestantes. A infantaria veio a seguir e atirou contra a multidão matando muitas pessoas e ferindo outras.

⁵⁶ CLARK, 1988



O massacre de São Petersburgo

Após o massacre, a Rússia foi sacudida por uma série de greves, revoltas e manifestações. Temendo perder o controle, o Czar Nicolau II promoveu uma reforma política instituindo um parlamento, que recebeu o nome de *Duma*. Aparentemente haveria uma divisão do poder, mas o Czar não estava disposto a repartir o governo e usou de sua força para que os deputados não tivessem voz própria, ou seja, forçou o parlamento a concordar com ele nas decisões.

A falsa abertura política promovida pelo Czar não convenceu a todos. Os representantes das classes operárias e agrárias reuniam-se clandestinamente em conselhos chamados *soviets* para discutir a organização dos movimentos que, a essa altura, já se espalhara por diversas regiões da Rússia.

Mesmo com severas perseguições ordenadas pelo Czar, a oposição se organizava. Os partidos políticos eram proibidos, mas apesar disso, eles existiam clandestinamente. O mais importante deles era o Social-Democrata, do qual fazia parte Vladimir Lênin, que se tornaria o principal líder da Revolução Russa.

Após importantes debates, o partido Social-Democrata se dividiu em dois: os *mencheviques* (que significa minoria) que defendiam uma revolução gradativa, mediante reformas políticas e os *bolcheviques* (maioria) que tinham Lênin como principal integrante e pregavam que a revolução deveria começar imediatamente.



Stalin, Lênin e Trotski



Kzar Nicolau II

http://pt.wikipedia.org/wiki/Revolu%C3%A7%C3%A3o_Russa_de_1917

As articulações político-revolucionárias aconteciam mesmo contra a vontade do Czar. Enquanto isso, a população continuava na miséria. Camponeses e operários não tinham como prover suas necessidades básicas e ainda pagavam altos impostos. Para piorar ainda mais as coisas, o Czar Nicolau II resolve levar a Rússia a participar na Primeira Guerra Mundial e seus soldados são derrotados sucessivamente. A mobilização de 13 milhões de soldados para os combates agravou os problemas sociais da Rússia. Pessoas foram tiradas das atividades produtivas para compor o exército e o restante da população foi obrigada a fazer um esforço extra para o sustento dos efetivos militares⁵⁷.

De cada 20 soldados que morrem na guerra, 8 eram russos. Para escapar dos tiros de metralhadoras, e defender o território, os soldados cavavam e se abrigavam em trincheiras (figura abaixo). Por isso, a Primeira Guerra Mundial é chamada de "Guerra de Trincheiras".

Com a guerra a situação do povo russo piora ainda mais, até que em 8 de março de 1917 uma nova passeata nas ruas de São Petesburgo obtém sucesso. Nessa marcha, os operários pediam comida, pois estavam cansados de ver seus filhos passarem fome. O Czar ordenou novamente ao exército abrir fogo contra a população, mas os soldados se recusaram e se uniram aos manifestantes.



Soldados guerreando nas trincheiras

<http://srec.azores.gov.pt/dre/sd/115161010600/avidanastrincheiras.htm>

⁵⁷ ARRUDA & PILETTI, 2003, p. 338

3. A Revolução de Fevereiro

Na expectativa de recuperar o poder à força, o Czar, já sem apoio, tentou dissolver a *Duma*. Os deputados não obedeceram e elegeram um governo provisório comandado pela burguesia russa, deixando de fora os *bolcheviques*. O Czar se viu então sem apoio do parlamento, do exército e do povo e não teve outra escolha a não ser abdicar do trono. Era o fim da dinastia Romanov da qual fazia parte o Czar Nicolau II. Estes acontecimentos ficaram conhecidos como Revolução de Fevereiro por iniciarem neste mês (no calendário Russo), do ano de 1917.

Lênin e os *bolcheviques*, excluídos do governo provisório, não concordavam que o poder, sendo tomado de Nicolau II deveria ser entregue às elites. Eles defendiam a imediata saída da Rússia da Primeira Guerra Mundial, a ruptura com o governo eleito pela *Duma*, a formação de um governo composto pelos *soviets* e a nacionalização das terras.

O governo provisório fez algumas reformas importantes, mas a principal delas que era de matar a fome do povo ainda não dera resultado. Por isso, aumentavam a cada dia os seguidores de Lênin.

4. A Revolução de Novembro

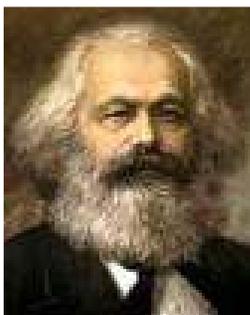
Apoiado por Trotsky, Lênin organiza a revolução. Na noite de 6 de novembro de 1917 os *bolcheviques*, invadem a sede do governo e tomam o poder. Os marinheiros do navio Cruzador Aurora aderem ao movimento e abrem fogo contra o palácio de inverno, sede do governo provisório. Lênin triunfa a partir de seu lema "*Paz, Terra e Pão*" e afirma: a Rússia sairá da guerra (*paz*), será feita a reforma agrária (*terra*) e, finalmente, diz que não faltará mais comida para o povo (*pão*). Ele cumpre suas promessas e tira a Rússia da Primeira Grande Guerra, elimina os latifúndios, declara o monopólio estatal do sistema financeiro, do sistema de crédito e das exportações e decreta o controle operário sobre as fábricas.

Como conseqüência dessa revolução surgia a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), o primeiro Estado no mundo a adotar o sistema socialista. A partir de então, grande parte da história do século XX seria marcada por uma profunda rivalidade entre o Capitalismo e o Socialismo, liderados respectivamente pelos Estados Unidos e pela Rússia."⁵⁸

*Para os comunistas [ou socialistas], a sociedade justa é a sociedade igualitária, em que o Estado é o dono dos bancos, das fábricas, das terras. É o Estado que deve distribuir as riquezas e garantir uma vida decente aos cidadãos: o bem público e coletivo deve ser colocado acima do bem privado e individual. Para os capitalistas, o raciocínio é o inverso. A felicidade individual é mais importante. O Estado justo é aquele que garante a cada indivíduo poder procurar livremente seu lucro e construir, desta forma, uma vida feliz. A solução dos problemas sociais vem depois. É por isso que a implantação internacional, em termos globais, de um dos dois sistemas, só poderia acontecer mediante o desaparecimento do outro.*⁵⁹



Lênin falando aos revolucionários



Karl Marx

<http://www.suapesquisa.com/biografias/marx/>



Friedrich Engels

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Engels.jpg>

⁵⁸ DIVALTE, 2002, p. 297

⁵⁹ ARBEX, 1997, p.11

Como vimos, o principal líder dessa revolução foi Vladimir Lênin que, desde quando tinha dezoito anos de idade, era opositor ao governo czarista. No exterior, se dedicou ao estudo das obras de Karl Marx e Friedrich Engels. Retornou à Rússia e, como afirmado acima, juntamente com Trotsky, liderou a Revolução de Novembro. Lênin governou a URSS até sua morte em 1924.

A Rússia se retirou da Primeira Guerra Mundial antes que ela acabasse, como vimos. Mesmo assim, a Tríplice Entente (formada, entre outros países, por Inglaterra, França, Rússia e Estados Unidos) foi vitoriosa sobre a Tríplice Aliança (que tinha como principal integrante a Alemanha). A primeira Grande Guerra deixou cerca de oito milhões de mortos e vinte milhões de pessoas inválidas. Com a derrota alemã, os países vitoriosos elaboraram um documento conhecido como Tratado de Versalhes. Este documento estabelecia uma série de punições à Alemanha, que ficaria obrigada a pagar grande indenização aos países vencedores e diminuir o poderio de seu exército.⁶⁰

5. Que país saiu ganhando com a Primeira Guerra Mundial?

Quando pensamos nos “estragos” da guerra, não podemos nos furtar a refletir sobre: Existem vencedores? Parece que a resposta correta é: só restam perdas. A guerra deixa como “prêmio”, a todos os países envolvidos, grandes prejuízos financeiros, ruínas, crianças órfãs, pessoas mutiladas e traumatizadas. Se considerarmos que alguma nação ganhou com a Primeira Guerra Mundial, certamente foram os Estados Unidos que, após o término dos conflitos armados, despontaram como a principal potência mundial.

O exército norte-americano participou apenas do final da Guerra, por isso ficou menos desgastado. Na primeira parte da Guerra, enquanto as batalhas ocorriam na Europa, os Estados Unidos desenvolveram sua produção agrícola e industrial, exportando para os países combatentes. Ao final da Guerra, a Europa devastada se tornou um grande mercado para a produção norte-americana⁶¹. Além do mais, não aconteceram combates em território americano, o que protegeu a economia daquele país.

6. A Crise de 1929

Com a reconstrução pós-guerra dos países europeus, os Estados Unidos encontraram importantes mercados consumidores para sua produção, porém, à medida que estes países foram se recuperando economicamente, passaram a restringir as importações para protegerem suas economias. Mesmo sem vazão para seus produtos, a atividade produtiva norte-americana não parou de crescer, portanto, os prejuízos foram inevitáveis. Em 1929 muitas empresas começaram a falir levando os Estados Unidos a uma profunda crise econômica que teve reflexos no mundo inteiro. O Brasil também foi afetado, pois, entre outras coisas, passou a ter dificuldades para vender sua grande produção de café.

Na Europa, a crise de 29, também conhecida como grande depressão, trouxe sérios problemas financeiros, desemprego e inflação. Como consequência dessa crise surgem os movimentos socialistas (a exemplo da Rússia) e de extrema direita, como na Europa. Em toda parte surgiam movimentos extremistas. A crise acaba sendo o golpe final para a recuperação econômica da Alemanha e de outros países. Na Hungria, na Iugoslávia ou na Romênia, a democracia imposta não trouxe a prosperidade que se esperava. Os comunistas acabavam propondo revoluções para erguer sociedades sem classes, semelhantes à União Soviética. A extrema direita defendia o fim da democracia e Estados fortes, capazes de enfrentar as freqüentes crises econômicas. Quase sempre a base de apoio da ultradireita eram ex-soldados, furiosos por não terem encontrado emprego na volta à pátria após a guerra. O mais famoso desses ex-soldados seria um cabo austríaco que servira no exército alemão, Adolf Hitler⁶².

⁶⁰ COTRIN, 1999, p. 344

⁶¹ COTRIN, 1999, p. 345

⁶² BRENER, 1999, p. 62



Adolf Hitler
<http://www.ac-nancy-metz.fr/presentation/Charlema/Bac9eur/o/dossier1/images%5Callemaque%5Chitler.jpg>



Desempregados na Alemanha
<http://www.historianet.com.br/conteudo/default.aspx?codigo=303>

7. A ascensão de Hitler e o início da perseguição aos judeus

Apesar de não ter nascido na Alemanha, Hitler tornou-se membro do Partido Nacional Socialista dos Trabalhadores Alemães (cuja sigla em alemão era NAZI) e em 1921 tornou-se chefe absoluto do partido. Ele escreveu um livro no qual difundia todas suas idéias da doutrina nazista como, por exemplo, a crença que o povo alemão descendia de uma raça superior (arianos) e, por isso, tinha o direito de dominar as raças inferiores (judeus, eslavos etc.). Os judeus eram especialmente odiados, porque, sendo uma raça inferior espalhada pelo mundo, representava uma ameaça à “pureza” do sangue alemão. Os casamentos entre judeus e alemães deveriam ser proibidos e os judeus, aniquilados.⁶³

A discriminação ao povo judeu, ou seja, o anti-semitismo não começou com as idéias de Hitler, já ocorria muito antes. Mas só após a chegada dele ao poder que os judeus começaram a ser maciçamente humilhados, escravizados, torturados e assassinados. Homossexuais, ciganos e deficientes também eram vítimas de Hitler.

Juízes, cientistas e outros intelectuais alemães de origem judia foram demitidos e obrigados a deixar o país. Em praça pública, jovens estudantes queimavam livros de autores judeus. “Vinte mil livros de autores judeus foram destruídos só na avenida Unter den Linden de Berlim. Nada mostrava mais flagrantemente a natureza bárbara do novo regime.”⁶⁴



<http://www.educ.fc.ul.pt/docentes/opombo/album/images/Queima%20de%20livros%20-%201933%20-%20Berlim.jpg>



Bandeira nazista
<http://www.sergiosakall.com.br/europeu/alemanha.html>

8. O anti-semitismo

Como vimos, o anti-semitismo não começou com Hitler. Outros autores, baseados no que chamavam de “higiene racial”, também pregavam a existência de raças inferiores que deveriam ser, de alguma forma, controladas pelo Estado. Utilizando-se de uma falsa ciência baseada na teoria evolucionista de Charles Darwin, estes autores defendiam a “higiene racial” como uma forma de selecionar a melhor raça humana.



Charles Darwin:
http://ctjovem.mct.gov.br/index.php?action=content/view&cod_objeto=9069

Segundo Darwin, as espécies se formavam por seleção natural dos seres vivos. As características hereditárias recebidas ao acaso pelos indivíduos eram postas à prova pelo ambiente em que viviam. Aqueles indivíduos com características que tornassem possível sua sobrevivência naquele ambiente seriam naturalmente selecionados e

⁶³ COTRIN, 1999, p. 367

⁶⁴ MEDAWAR & PYKE, 2003, p. 50

transmitiriam seus genes para as gerações futuras. Os que não tivessem tais características não sobreviveriam. Essas novas gerações tinham maior probabilidade de serem selecionadas naturalmente naquele meio, ou seja, de sobreviverem. A seleção natural se repetiria, então, por muitas gerações de indivíduos e, após milhares de anos as espécies seriam formadas. Dentro desta linha de pensamento pode-se concluir que uma espécie qualquer de ser vivo possui características herdadas dos melhores indivíduos, dos selecionados pela natureza. A genética dá as possibilidades, e a seleção natural molda a espécie.

A espécie humana foi selecionada dentre muitas outras, e a inteligência foi a chave de nossa seleção. Você deve estar se perguntando: Como uma teoria científica tão bem formulada como o darwinismo poderia servir de base para algo tão infundado como a “higiene racial”? Se a espécie humana como um todo foi selecionada, por que a crença na existência de raças (como a ariana) superiores? Brancos, negros e judeus não foram todos selecionados? A resposta pode ser simples: a idéia da existência de raças superiores é baseada numa pseudociência, criada para dar suporte a antigos preconceitos.

Para Hitler, os judeus eram como:

*“invasores, minando a integridade do organismo alemão – bacilos, cânceres, gangrenas, tumores, abscessos. Seu programa político era visto em termos de tratamentos, cirurgias, purgas e antídotos”.*⁶⁵

A visão nazista era muito clara: os judeus eram a “doença” e Hitler o competente “médico” capaz de curar o invadido “organismo alemão”.

Hitler era adepto das idéias sobre higiene racial. Ele, portanto, construiu verdades próprias e encontrou terreno fecundo para disseminá-las. O povo alemão, com orgulho ferido pela derrota na Primeira Guerra e pelas humilhações impostas pelo Tratado de Versalhes, tornou-se receptáculo ideal para idéias racistas e nacionalistas.

Utilizando-se de muita propaganda, Hitler difunde a doutrina nazista. O ministério da propaganda, chefiado por Joseph Goebbels ajudou Hitler nesta tarefa. Ele afirmava que a Alemanha deveria descumprir o Tratado de Versalhes e reconquistar o que perdera com a Guerra. Dizia também que as autoridades alemãs que assinaram o Tratado agiram como traidores e covardes, pois foram coniventes com a maior humilhação sofrida pela Alemanha e contribuíram para o ferimento do orgulho nacional.

Com a vitória dos nazistas nas eleições de 1932, Hitler é nomeado chanceler alemão, cargo equivalente ao de primeiro ministro. Assim, ele passou a comandar uma nação que, além de muita vontade de reconquistar o que havia perdido, possuía um imenso potencial científico.

9. O brilhantismo da ciência e da tecnologia alemã

Mesmo antes da Primeira Grande Guerra, a Alemanha já se destacava nos mais variados campos das ciências e da Filosofia. Havia condições especiais, neste Estado, para os cientistas desenvolverem bons trabalhos. Para entendermos um pouco do brilhantismo científico desta nação, precisamos voltar no tempo e conhecermos a formação do Império alemão, ocorrida ainda no século XIX.

“O Império alemão começou a existir em 1871, com o formidável poder militar herdado da Prússia, o Estado fundador”⁶⁶. Otto von Bismarck, que liderava a Prússia, imprimiu seu caráter autoritário e militarista à nova nação alemã após três guerras, contra a Dinamarca, a Áustria e a França. A criação do Estado alemão foi marcado por uma onda de patriotismo e orgulho nacional influenciado, em grande parte, pela crença da população no sucesso de seu exército, outrora prussiano.

Bismarck acreditava que a força militar devia ser combinada com o desenvolvimento industrial. Para ele, o crescimento econômico, industrial e militar era fundamental para a recém formada nação alemã alcançar um status cada vez maior na Europa. De fato, nessa

⁶⁵ CORNWELL, 2003, p. 33

⁶⁶ MEDAWAR & PYKE, 2003, p. 15

época, a Alemanha já se destacava dentre as demais nações européias. O incentivo às pesquisas científicas aplicadas visavam uma maior produtividade industrial, que conseqüentemente fazia a economia alemã crescer.

O governo estimulou o desenvolvimento industrial impulsionado por pesquisas e as empresas alemãs assumiram a liderança mundial na montagem de departamentos de pesquisas ao lado de suas fábricas - um padrão altamente bem sucedido que a indústria americana adotou mais tarde. A indústria cortejava os melhores acadêmicos para pesquisas e suas aplicações práticas (...). Por outro lado, as universidades públicas davam preferências a cientistas que tinham trabalho na indústria - uma fertilização cruzada que resultou em benefícios enormes para o crescimento industrial da Alemanha⁶⁷.

O sucesso científico alemão, apesar de influenciado pela indústria, não se restringiu somente à sua aplicação na produção. A Química e a Medicina tiveram também enorme crescimento. Duas das maiores descobertas no campo da Física, ocorridas no início do século XX, tiveram como principais pesquisadores os cientistas alemães Albert Einstein, com a Teoria da Relatividade (vale a pena lembrar que Einstein era judeu) e Max Planck, com a Teoria Quântica.

Em 1921, vinte anos depois da instituição dos prêmios Nobel, alemães, ou pelo menos pessoas de língua alemã, haviam ganhado metade de todos os prêmios concedidos às ciências naturais e à medicina. (...) Pesquisadores de ciência básica e aplicada, acorriam de todo o mundo para as universidades alemãs, e aprendiam alemão para ler as principais publicações e participar de conferências e seminários⁶⁸.

Você sabe a diferença entre a ciência básica e a ciência aplicada? A primeira se preocupa em gerar modelos que representam algum fenômeno natural, ou seja, tenta compreender a natureza através dos modelos. O objetivo da ciência básica é somente conhecer, sem se deter ao uso do conhecimento gerado. A Física e a Biologia são exemplos de ciência básica. Já a ciência aplicada, como o nome diz, desenvolve mecanismos que possibilitam a aplicação do conhecimento obtido pela ciência básica. Os diversos ramos da Engenharia – engenharia mecânica, elétrica, química e outros – aplicam o conhecimento obtido na ciência básica. Tanto a ciência básica quanto a aplicada encontravam destaque na Alemanha no início do século XX.



Albert Einstein
<http://www.sbfisica.org.br/eve/ntos/amf/links.asp>



Max Planck
http://www.redenergia.com.br/Planck/Max_Planck.htm

Leia esta citação e reflita um pouco:

Os próprios cientistas muitas vezes dizem que a ciência básica é moral e culturalmente neutra. No nível das moléculas e partículas, afirmam, não há ética, política nem cultura: a água ferve em Pequim à mesma temperatura que em Berlin. Os verdadeiros cientistas, os cientistas básicos dizem que geram conhecimento; os tecnólogos, a indústria, os governos aplicam-no.⁶⁹

Você acha que a ciência básica é de fato neutra?

⁶⁷ MEDAWAR & PYKE, 2003, p. 26

⁶⁸ CORNWELL, 2003, p. 46

⁶⁹ CORNWELL, 2003, p. 26

Neste ambiente de riqueza intelectual o nazismo encontrou grandes suportes para uma invejável produção de armas de guerra. Mesmo com as sanções impostas pelo Tratado de Versalhes relativas à produção bélica,

o governo e os industriais alemães conseguiram criar armas às ocultas: levando em frente tecnologia de duplo uso, fazendo pesquisa e desenvolvimento militar em segredo e instituindo programas de estudos fora do país⁷⁰.

A engenharia alemã, a serviço do exército, projetou armamentos muito eficazes, inclusive mísseis balísticos jamais feitos por nenhum outro país.

O investimento maciço que Hitler empenhou na indústria bélica necessitava de um bom teste. A cidade espanhola de Guernica tornou-se um bom alvo para colocar à prova o poderio do exército alemão. Em 1936, a Espanha se encontrava em guerra civil entre as forças apoiadas pelos comunistas e o exército do general Francisco Franco. Hitler, então, firmou acordo com a Itália fascista de Mussolini e juntos atacaram a cidade, lutando ao lado de Franco. A cidade foi arruinada pela aviação alemã. Boa parte dos guerrilheiros e da população civil foi “esmagada” pelas forças nazi-fascistas.



General Francisco Franco
<http://sobreiro.es.e.se.ips.pt/aees/files/frankismo.doc>



Mussolini
http://www.fascismo8.hpg.ig.com.br/benito_mussolini.htm

Os horrores do ataque ficaram registrados no quadro “Guernica”, de Pablo Picasso (figura abaixo). Observe a expressão de horror no rosto das pessoas, dos animais, os pedaços de corpos pelo chão e imagens desfiguradas, expressando imenso terror.



<http://www.mala.bc.ca/~lanes/english/hemngway/picasso/guernica.htm>

Num bombardeio de três horas, dois mil civis foram massacrados, milhares foram feridos e a cidade foi arrasada. Tomado de ódio patriótico, o espanhol Picasso criou um mural [Guernica] de 6,50 metros de largura por 2,80 de altura, que foi pintado em um mês. É considerado a mais forte denúncia dos horrores da guerra. “A pintura não é feita para decorar apartamentos”, dizia Picasso. “É um instrumento de guerra, de ataque e defesa frente ao inimigo”. Picasso incorporou certos elementos do desenho para criar um efeito de angústia. Usou uma nuance branco-cinza para enfatizar o desespero e distorceu

⁷⁰ CORNWELL, 2003, p. 130

propositalmente as figuras para transmitir violência. Segundo Picasso, “o touro não é o fascismo, mas a brutalidade e a escuridão... O cavalo representa o povo”⁷¹.

10. Caminho livre para os nazistas

Dentre os inimigos dos nazistas estavam os comunistas, portanto, a escalada nazista apesar de incomodar aos ingleses e franceses, os preocupava pouco, pois estes países consideravam o comunismo uma ameaça ao regime capitalista que adotavam e, portanto, viam com a Alemanha a chance de a Rússia ser combatida. Além disso, Inglaterra e França optaram por não entrar em conflito com a Alemanha quando, em 1938, Hitler invadiu a Tchecoslováquia. Esta postura dos ingleses e franceses somada com a neutralidade dos Estados Unidos gerou condições perfeitas para a concretização das ambições de Hitler.

Apesar da dificuldade em apontar um único responsável por estes conflitos, foi essencial a vontade de hegemonia de Hitler, seu desejo de construir uma *nova ordem* conforme os princípios do nazismo. O grande capital alemão exigia participação na exploração do mundo colonial, com suas reservas de matérias-primas, pois os vencedores da Primeira Guerra Mundial haviam tirado as colônias da Alemanha, repartindo-as entre si. Além disso, a Alemanha desejava conquistar os mercados vizinhos da Europa central⁷² para dar vazão aos produtos de suas indústrias.

11. O Fascismo italiano e o eixo Roma-Berlim-Tóquio

Aliado às aspirações alemãs estava o descontentamento da Itália. Mesmo fazendo parte do grupo de vencedores da Primeira Guerra mundial, os italianos se sentiram insatisfeitos com os benefícios que tiveram com o fim destes conflitos armados. Influenciados por este clima de insatisfação surgiram os movimentos militaristas, antidemocráticos e nacionalistas na Itália. Da mesma forma que o Nazismo prosperou na Alemanha, dentre os italianos era o Fascismo quem comandava. O Fascismo e o Nazismo tinham características bem parecidas e interesses comuns, o que teve grande influência para que estes dois países se tornassem aliados. Estes Estados, que ficaram conhecidos como nazi-fascistas e juntamente com o Japão, que estava interessado em conquistas no oriente, formaram em 1940 o eixo Roma-Berlim-Tóquio. Eles tinham como principais inimigos a França e a Inglaterra, mais tarde também a Rússia e os Estados Unidos.

Como vimos, França e Inglaterra adoraram a política do apaziguamento frente às invasões alemãs. Mas esta atitude não conseguiu evitar uma guerra de proporções mundiais. O Tratado de Versalhes não afetava só a Alemanha, mas também a Itália e o Japão. Todos queriam reconquistar pela força o que perderam com o tratado. Nessas circunstâncias, os governos ultranacionalistas da Alemanha, Japão e Itália acabaram por se lançar numa nova guerra mundial⁷³.

12. A invasão da Polônia e o início da Segunda Grande Guerra

No dia 1º de setembro de 1939, o exército de Hitler invade a Polônia. Então Inglaterra e França declaram guerra à Alemanha. Na Polônia, a perseguição aos judeus torna-se implacável. Eles passam a sofrer todo tipo de humilhações, inclusive em praça pública.



Agressões a judeus eram freqüentes nas ruas
http://www.israel3.com/module_s.php?name=Holocaust&file=fotos



Tentativa de humilhação mandando um rabino lavar o carro dos oficiais nazistas
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

⁷¹ STRICKLAND, 2002

⁷² PILETTI, 2003, p. 363

⁷³ DIVALTE, 2002, p. 330

As famílias judias são obrigadas a sair de suas casas e irem morar nos guetos, onde viviam amontoadas com pouca comida e com péssimas condições de higiene.



Judeus presos em guetos

<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=gueto>



Crianças subnutridas nas ruas do gueto de Varsóvia

http://pt.wikipedia.org/wiki/Gueto_de_Vars%C3%B3via

Após passarem um tempo morando nos guetos, onde muitos morriam de desnutrição e de doenças devido à falta de saneamento, os judeus eram levados de trem para os campos de concentração e, juntos com judeus de outras partes, eram entregues ao trabalho escravo. Idosos, deficientes e crianças, como não estavam aptos ao trabalho forçado, eram exterminados. Os demais recebiam uma quantidade de comida muito menor que o necessário e trabalhavam até a morte.

No campo de concentração nazista de Monowitz:

*Cada trabalhador escravo recebia, ao meio-dia, um pouco de sopa, contendo alguns fiapos de repolho ou nabo em água quente. À noite, a mesma porção com pedaços de batata podre ou couve-nabo-da-suécia e grão-de-bico. O pão, 350 gramas por porção distribuída cada manhã, era complementado com aditivos, incluindo serragem.*⁷⁴

A tecnologia do extermínio também cresceu muito durante este período. A concorrência entre empresas que fabricavam crematórios tornou-se acirrada. Quem conseguisse fabricar as fornalhas que consumissem de forma mais eficiente e barata os cadáveres dos prisioneiros, garantiriam bons lucros. Essa concorrência tornou-se muito necessária para o governo, uma vez que o amontoado de corpos nos campos de concentração acabava atraindo indesejada publicidade.⁷⁵

Além de escravidão e extermínio, judeus e prisioneiros de guerra acabaram se tornando cobaias para experiências médicas. Alguns resultados destas experiências seriam usados para tentar melhorar a eficiência e a perspectiva de sobrevivência do exército alemão em combate. Portanto, aproveitando-se da situação alguns médicos realizavam experiências motivadas por especulações pessoais.

Prisioneiros de guerra eram imersos em água gelada para avaliar quanto tempo um marinheiro ou piloto podia sobreviver a temperaturas congelantes, após ser derrubado ou naufragar no mar no inverno. Internos eram obrigados a beber água do mar para testar os limites fisiológicos humanos ao seu consumo. Colocavam-se prisioneiros em câmaras especiais de baixa pressão para testar a resistência a grandes altitudes. Outros eram submetidos à contaminação com fosfogênio e gás mostarda ou infectados com doenças que podiam ser contraídas pelos soldados alemães na África. Em experiências relacionadas com planos de repovoamento da Europa Oriental, realizaram-se processos de castração e esterilização em homens e mulheres saudáveis. Injeções de hormônio eram forçadas em homossexuais, julgados um perigo para a saúde do Volk alemão. Num procedimento que tornou-se proverbial da atrocidade nazista, injetava-se corante nos olhos de homens, mulheres e crianças. No laboratório do Dr.



Judeu em trabalho escravo:

<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

⁷⁴ CORNWELL, 2003, p. 320

⁷⁵ CORNWELL, 2003, p. 306

*Menguele, no campo de Birkenau, escolhiam-se gêmeos para experiências “genéticas” com “germes”. Numa experiência em Buchenwald, atirou-se em prisioneiros com balas envenenadas, para ver com que rapidez o veneno funcionaria.*⁷⁶



Experiência médica

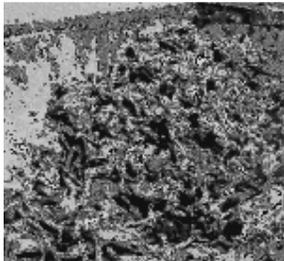
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>



Internos dos campos de concentração

<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

Desenvolvidas pelo químico alemão Fritz Haber e sua equipe, as armas químicas se tornaram bons instrumentos de ataque, pela facilidade e eficiência em que atingiam as trincheiras inimigas. Como a aviação teve pouca influência na Primeira Grande Guerra e os morteiros eram pouco precisos, as trincheiras tornaram-se locais relativamente seguros para se guerrear e defender um território, mas se tornaram perigosas por causa dessa invenção. Assim, os soldados alemães equipados com máscaras abriam os cilindros de gás de cloro dentro de suas trincheiras. Este gás era levado pelo vento até as trincheiras inimigas, repletas de soldados franceses. O cloro causava asfixia e cegueira nos inimigos, pois reagia quimicamente com as mucosas dos olhos, nariz, boca e garganta. Os soldados que não eram atingidos pelo gás saíam das trincheiras, tornando-se alvos fáceis para a artilharia terrestre alemã ou simplesmente abandonavam seus postos e suas armas, cedendo território ao inimigo.



Amontoado de corpos nas valas coletivas

<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

As pesquisas alemãs com gases tóxicos também envolveram a criação do ácido cianídrico que tinha duplo uso: “como pesticida e como gás letal contra seres humanos em lugares fechados. Ficaria conhecido como Zyklon B que um dia seria usado como principal meio de matar judeus nos campos da morte”.⁷⁷ O Zyklon B, usado nas câmaras de extermínio na Segunda Grande Guerra, colaborou para que não fosse necessário um grande gasto de munição nos campos de extermínio, uma vez que as balas das metralhadoras seriam necessárias para os combates contra os aliados. Após serem retirados das câmaras de gás, os cadáveres eram cremados ou enterrados em imensas valas coletivas.

Cerca de seis milhões de judeus foram exterminados nos campos de concentração nazistas durante a Segunda Guerra.

Apesar de a invasão da Polônia em 1939 ser considerado como marco inicial da Segunda Guerra Mundial, com a declaração oficial de guerra pela Inglaterra e França, os combates não começaram de pronto. Isso só colaborou com os planos nazistas.



Extermínio de judeus à beira de valas coletivas

<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

Com terreno livre, o exército alemão invadiu países como Holanda, Dinamarca, Noruega e Bélgica e rumou para a conquista da França. Conseguiu ocupar parte daquele

⁷⁶ CORNWELL, 2003, p. 311

⁷⁷ CORNWELL, 2003, p. 68

país, inclusive Paris, e a bandeira nazista foi hasteada na torre Eiffel. O governo francês se viu obrigado a mudar para a parte não ocupada pelos homens de Hitler. Neste momento, a Itália fascista de Mussolini entra definitivamente na guerra ao lado dos alemães.

Com parte da França conquistada, a aviação alemã inicia intensos bombardeios à Inglaterra. Os estragos foram grandes, mas os ingleses resistiram. O grande trunfo da resistência inglesa foi o desenvolvimento e uso de um instrumento até então pouco conhecido: o radar. O emprego defensivo deste aparelho

*“no início da guerra possibilitou à Grã-Bretanha (...) sobreviver até os americanos entrarem no conflito após Pearl Harbor, em dezembro de 1941. Assim, o radar fez toda a diferença entre a derrota e a vitória (dos aliados) na Europa”.*⁷⁸

O radar emite ondas de rádio. Essas ondas ao atingirem, por exemplo, um avião, se refletem e, assim, são capturadas por um receptor. Este instrumento é, portanto, capaz de oferecer informações sobre a posição de um avião e se ele se aproxima ou se afasta de algum lugar. De posse destas informações, as defesas de um país, ou de uma cidade, podem se preparar com antecedência aos ataques inimigos. Desta forma, o radar consegue detectar o inimigo e foi extremamente útil para os ingleses na Guerra.

Além do radar, a captação e decodificação dos códigos nazistas foram de grande valia para as estratégias de defesa da Inglaterra. A comunicação em forma de códigos é muito usada em tempos de guerra. As mensagens de rádio trocadas entre postos de comando podem cair em mãos inimigas, por isso, não podem ser expressas numa linguagem clara. A linguagem comum é então codificada, ou seja, é modificada de forma tal que, se cair em mãos erradas, não possa ser entendida.

Os ingleses dedicaram muito tempo de trabalho ao entendimento dos códigos alemães, pois isso significava para eles a diferença entre viver e morrer. Mesmo na Primeira Guerra Mundial os ingleses já envolviam diversos cientistas na arte de decifrar códigos inimigos. Os esforços da Inglaterra para decifrar as mensagens codificadas do exército de Hitler foram tão grandes que, além de envolverem seus melhores matemáticos, a Grã-Bretanha se empenhou na construção do primeiro computador, chamado de Colossus. Essa máquina era muitas vezes maior que os micro-computadores atuais. Quem utiliza hoje os modernos computadores, ou simplesmente as pequenas calculadoras, imagina como as máquinas de processamento de dados foram desenvolvidas?

*A quebra dos impenetrabilíssimos códigos alemães acabaria por envolver a Grã-Bretanha na construção do Colossus, o primeiro computador do mundo, e uma equipe de cerca de 12 mil trabalhadores, incluindo a nata dos matemáticos da Grã-Bretanha. (...) O algoritmo especial usado no Colossus continua sendo um segredo até hoje.*⁷⁹

A Inglaterra resistiu à ocupação nazista, mas países como Grécia e Iugoslávia foram ocupados pelo exército de Hitler.

13. União Soviética e Estados Unidos, parceiros ou inimigos?

Os confrontos se seguiam sem grandes perdas para o exército alemão, mas a partir de 1941, a Segunda Guerra ganharia realmente dimensões mundiais com a entrada dos Estados Unidos e da União Soviética. Hitler experimentaria suas primeiras grandes derrotas. Foi o exército russo o primeiro a desbancar os alemães.

Os aviões de combate foram muito usados nas batalhas e se tornaram decisivos na Segunda Grande Guerra, diferentemente da Primeira, na qual eles estiveram presentes juntamente com os zeplins, mas não mudaram os resultados.

⁷⁸ CORNWELL, 2003, p. 231

⁷⁹ CORNWELL, 2003, p. 249



<http://www.luftwaffe39-45.historia.nom.br/historia/urss.htm>



Zepelim
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Zepelim>

Contrariando as expectativas, Hitler invade a Rússia. Conquista parte de seu território, mas é cercado pelo exército de Stalin (então presidente russo), nas ruas de Stalingrado. Além da resistência das forças armadas soviéticas, conhecidas como Exército Vermelho, os alemães tinham que vencer outro inimigo mortal: o rigoroso inverno russo. Os soviéticos, mais acostumados ao frio, levaram vantagem sobre as forças alemãs que foram muito castigadas pelas baixas temperaturas.

“Em janeiro de 1943, depois de vários meses de intensos combates, os sobreviventes das unidades alemãs – cerca de 91 mil soldados e 24 generais – se renderam às forças soviéticas.”⁸⁰

Milhares de soldados de ambos os lados morreram nestes combates.

“O contra-ataque soviético continuou até 1945, com a conquista do leste europeu e a vitória final sobre a Alemanha.”⁸¹



Inverno Russo
<http://www.luftwaffe39-45.historia.nom.br/historia/urss.htm>



Soldados alemães em Stalingrado
http://pt.wikipedia.org/wiki/Segunda_Guerra_Mundial

Trecho do poema *Carta a Stalingrado*

*Stalingrado, miserável monte de escombros, entretanto resplandecente!
As belas cidades do mundo contemplam-te em pasmo e silêncio.
Débeis em face do teu pavoroso poder,
mesquinhas no seu esplendor de mármore salvos e rios não profanados,
as pobres e prudentes cidades, outrora gloriosas, entregues sem luta,
aprendem contigo o gesto de fogo.
Também elas podem esperar.*

*As cidades podem vencer, Stalingrado!
Penso na vitória das cidades, que por enquanto é apenas uma fumaça subindo do Volga.
Penso no colar de cidades, que se amarão e se defenderão contra tudo.
Em teu chão calcinado onde apodrecem cadáveres,
a grande Cidade de amanhã erguerá a sua Ordem.*

Carlos Drummond de Andrade⁸²

Outro combate que deixou muitos mortos e feridos foi o ataque das forças japonesas à base norte-americana de Pearl Harbor, no Havaí. O governo japonês, insatisfeito com o

⁸⁰ DIVALTE, 2002, p. 333

⁸¹ ARRUDA E PILETTI, 2003, p.368

⁸² **Rosa do Povo**. Rio de Janeiro. Ed. Record, 1987.

bloqueio econômico e com o embargo de produtos promovido pelos Estados Unidos, decide em dezembro de 1941 atacar de surpresa a base americana no Pacífico. Além desta insatisfação japonesa, o governo daquele país também foi pressionado por Hitler a entrar nos conflitos. O ataque a Pearl Harbor fez com que os Estados Unidos entrassem de vez na Segunda Grande Guerra, por ironia do destino, ao lado dos russos.



Pearl Harbor

<http://www.history.navy.mil/photos/evnts/wwii-pac/pearlhbr/pearlhbr.htm>



<http://www.history.navy.mil/photos/evnts/wwii-pac/pearlhbr/pearlhbr.htm>

Após os combates de Stalingrado e os ataques a Pearl Harbor, a Guerra passa a ter novos rumos. De um lado as potências do Eixo formadas por Alemanha, Itália e Japão e do outro os Aliados compostos por Inglaterra, França, Rússia e Estados Unidos. A vitória final dos aliados viria a mudar

significativamente o mapa político da Europa e dividir o mundo em dois Grandes blocos no pós-guerra, como veremos mais adiante.

14. Os mísseis de Hitler

Antes da derrota, Hitler ainda prepararia uma desagradável surpresa para os ingleses, os ataques com “bombas voadoras”, ou seja, com mísseis balísticos. O desenvolvimento dessas bombas, que também eram conhecidas como “avião sem piloto”, demandou um grande esforço da engenharia alemã. “Hitler, para construir um arsenal de mísseis ofensivos, constituiu a mais ousada tentativa de aplicar a Grande Ciência de alta tecnologia aos armamentos da Segunda Guerra Mundial.”⁸³ Mas, como neste momento os aliados estavam próximos de vencer a guerra, esses mísseis não conseguiram mudar o resultado.

Você já deve ter visto um míssil ou um foguete de guerra pela TV. É na parte baixa do míssil que o combustível propelente é queimado. Nesta queima, devido ao grande aumento de temperatura, os gases provenientes da combustão se dilatam muito e são expulsos através da abertura que fica na parte inferior do foguete. Pela lei da ação e reação, a Terceira lei de Newton (lembra-se dela?), os gases da combustão são expelidos para baixo e o foguete empurrado para cima. Com força de mesma intensidade com que os gases são expelidos para um lado, o foguete é empurrado para o outro. Para se ter uma idéia de como isso funciona, encha um balão de aniversário e o solte sem amarrar a abertura. Devido a elasticidade do balão, o ar de seu interior será jogado para um lado e o balão arremessado em sentido oposto (figura abaixo).

O princípio da ação e reação pode ser observado tanto no balão quanto no foguete, porém, no primeiro é a energia elástica armazenada no balão que empurra o ar para fora. No foguete, o combustível possui energia química armazenada nas ligações entre as moléculas. Esta energia química é então transformada em energia térmica na combustão. É esta energia térmica que empurra os gases para um lado, pressionando o foguete para o outro. Esta força para cima, nos foguetes, recebe o nome de empuxo. No caso dos foguetes alemães, os V-2, o empuxo equivale ao peso de um corpo de mais de 72 toneladas.

Além do combustível, o foguete precisa levar oxigênio para maximizar a combustão. Sabemos que para que haja queima o oxigênio é indispensável. A chama de uma vela, por exemplo, se vale do oxigênio do ar atmosférico, ou seja, o oxidante da combustão da vela se encontra no ar. Mas no caso dos foguetes, o oxigênio da atmosfera é pouco para que haja uma combustão capaz de levá-lo. Por isso, os foguetes precisam levar mais oxigênio.

Os Primeiros foguetes da Segunda Guerra, os V-1 (armas da vingança), eram movidos a gasolina e levavam ar comprimido para servir de oxidante. Em 1944, quase dois



http://www.adorofisica.com.br/trabalhos/fis/equipe/s/corridaespacial/foguete_s.htm

⁸³ CORNWELL, 2003, p. 225

mil e quinhentos V-1 foram lançados sobre Londres e Antuérpia, deixando mais de seis mil mortos.



Wernher von Braun

<http://liftoff.msf.nasa.gov/academy/history/VonBraun/VonBraun.html>

No ano de 1944, os V-2 ficaram prontos para o uso contra os ingleses. Estes mísseis foram produzidos com trabalho escravo nos campos de concentração. O líder dos engenheiros que projetou essas armas foi Wernher von Braun (figura ao lado), que já se despontara em outros projetos na Segunda Guerra. Ele tinha vinte e um anos no início destes conflitos e viria a se tornar o principal arquiteto do programa espacial norte-americano no

pós-guerra.



“As V-2 eram propelidas a álcool (mistura de 75% de álcool etílico e 25% de água) e oxigênio líquido, chamado de lox. Os motores geravam um máximo de 160.000 lbs (72574 kg) de empuxo, desenvolvendo velocidade de 1341 m/s, com um raio de alcance de 321 a 362 km”.

foguete V2

<http://www.geocities.com/naeiton/MCC1.htm> <http://pt.wikipedia.org/wiki/V-2>

Quase dois mil foguetes V-2 foram lançados sobre Londres e Antuérpia, matando milhares de pessoas, mas como vimos, os foguetes balísticos não mudaram o resultado da Guerra.

“Hitler só se interessou por foguetes num ponto em que a derrota parecia inevitável: o uso da V-2 foi mais um ato de vingança ritualística (...) do que uma estratégia racional que ajudasse a ganhar a guerra.”⁸⁴

Os ataques com os V-2 serviram também como propaganda nazista e foram tentativas de nutrir o orgulho do povo alemão. A satisfação dos alemães era tamanha que, já no final da guerra, muitos jovens e adolescentes se candidataram a pilotos suicidas. Eles se mostraram prontos para pilotar os aviões de projetos mirabolantes e baratos, nos quais havia mínimas chances de sobrevivência dos pilotos.

15. As definitivas derrotas da Alemanha e da Itália

Como vimos, os V-2 não mudaram o resultado da Guerra. As vitórias dos ingleses e norte-americanos na Itália (com a participação de soldados brasileiros), na África, e o desembarque de tropas aliadas em Normandia, na França, selaram a derrota dos alemães e italianos. O comando nazista, com sede em Berlim, percebendo o avanço soviético pelo oriente e a aproximação inglesa e americana pelo ocidente, decidiu lutar até a morte. Os tribunais nazistas obrigaram mulheres, crianças e velhos a lutar para defender Berlim. Em abril de 1945, Hitler e sua mulher se suicidaram antes de serem capturados. A morte de Hitler ocorreu quando ele tinha cinquenta e seis anos e estava a mais de doze anos à frente da nação alemã. Com Berlim tomada pelos soviéticos e Hitler morto, a rendição da Alemanha era questão de tempo. As autoridades alemãs assinaram a rendição uma semana depois, e a Guerra acabou oficialmente na Europa. A Alemanha foi derrotada junto com a Itália, mas os japoneses continuaram lutando.

16. Hiroshima, Nagasaki e a bomba atômica

Na Ásia, o Japão resistia, apesar de ter seu poderio militar muito comprometido pelos ataques dos Aliados. Ainda assim, pilotos japoneses conhecidos como camicases se atiravam com seus aviões sobre os alvos inimigos, em verdadeiros ataques suicidas.

Em 6 de agosto de 1945, o exército americano utilizou uma arma de guerra jamais vista até então, tratava-se de uma arma nuclear, uma bomba atômica. A aviação dos Estados Unidos lançou esta bomba sobre a cidade japonesa de Hiroshima e, três dias depois, alvejou Nagasaki com outra bomba idêntica.

⁸⁴ CORNWELL, 2003, p. 32



Réplica da bomba atômica usada para atacar as cidades japonesas
<http://www1.city.nagasaki.nagasaki.jp/na-bomb/museum/m1-1e.html>



Explosão da bomba atômica
<http://www.historianet.com.br/conteudo/default.aspx?codigo=193>

Os ataques dizimaram, em segundos, milhares de civis. Ainda hoje, o massacre dessas duas cidades japonesas é lembrado como exemplo de aplicação de tecnologia de destruição.



Cidade destruída pela bomba atômica
<http://www.historianet.com.br/conteudo/default.aspx?codigo=193>

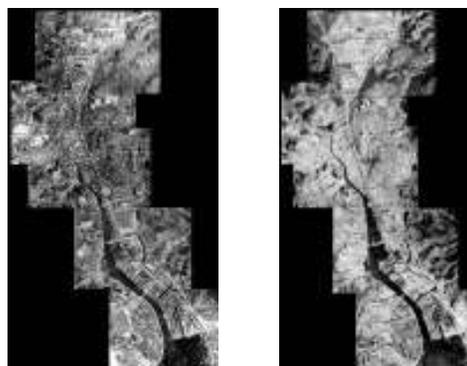
Rosa de Hiroxima

*Pensem nas crianças mudas telepáticas
 Pensem nas meninas cegas inexatas,
 Pensem nas mulheres rotas alteradas,
 Pensem nas feridas como rosas cálidas,
 Mas não se esqueçam da rosa da rosa,
 Da rosa de Hiroxima a rosa hereditária,
 A rosa radioativa estúpida e inválida,
 A rosa com cirrose a anti-rosa atômica,
 Sem cor nem perfume sem rosa sem nada.*

Vinicius de Moraes



Conseqüência do bombardeio atômico
<http://www.peace-museum.org/welcome.htm>



Nagasaki antes e depois da bomba. Na foto da direita pode-se observar exato local da explosão
<http://www.peace-museum.org/welcome.htm>

É bem verdade que o Japão já demonstrava sinais de esgotamento com a guerra. Grande parte das indústrias japonesas foi destruída e o poderio militar deste país estava seriamente comprometido. Os intensos bombardeios aliados causaram muita destruição em território japonês. A rendição do Japão parecia ser questão de tempo. Portanto, o ataque nuclear em Hiroshima e Nagasaki era, nestas circunstâncias, desnecessário. “Tratava-se, na verdade, de uma demonstração de força dos norte-americanos, sobretudo para a União Soviética”⁸⁵.

17. União Soviética e Estados Unidos, livres para desavenças

Como vimos antes, as nações socialistas (como é o caso da União Soviética) e capitalistas (como os Estados Unidos) eram rivais, já que um regime só podia ser disseminado pelo mundo mediante o desaparecimento do outro. Americanos e russos só estavam lutando do mesmo lado na Segunda Guerra porque tinham um inimigo comum que era a Alemanha. Mas agora, com a derrota nazista, as antigas desavenças vieram à tona. Como “Hitler não estava mais vivo para uni-los”, socialistas e capitalistas podiam agora assumir suas posições de adversários. A bomba atômica americana sobre Hiroshima e

⁸⁵ DIVALTE, 2002, p. 334

Nagasaki serviu como aviso para a Rússia de Stalin da grandeza da força militar americana, mesmo isso custando a vida de milhares de civis japoneses.

O argumento usado pelos Estados Unidos para justificar o bombardeio nuclear às cidades japonesas foi que o ataque acabaria de vez com a Guerra e muitas vidas americanas seriam poupadas. De fato a rendição japonesa aconteceu, mas provavelmente ocorreria da mesma forma pouco tempo depois.

A União Soviética, por sua vez, trabalhou para não ficar atrás em matéria de tecnologia nuclear. Desenvolveu sua própria bomba atômica e realizou testes nucleares de destruição em 1949 e 1953. “Acredita-se na época que eles haviam produzido um artefato mais leve que a bomba americana, que podia ser transportado por um míssil balístico intercontinental”.⁸⁶ As bombas nucleares eram objetos grandes e, como ocorreu nos ataques às cidades japonesas, eram transportadas por aviões até o alvo. Com a crença que a União soviética desenvolvera bombas atômicas que podiam ser lançadas de um continente para outro em ogivas nucleares de mísseis balísticos, os americanos investiram mais ainda na eficiência de suas armas nucleares.



Missil Sunburn (soviético). Pode ser armado com uma ogiva nuclear equivalente a 200.000 toneladas de TNT.

<http://www.espada.eti.br/n1449.asp>



Plataformas móveis de mísseis soviéticos

<http://www.espada.eti.br/n1459.asp>

Essa corrida pelo desenvolvimento de armas cada vez mais poderosas e eficazes foi uma das características deste conflito entre russos e americanos no pós-guerra. Estas desavenças tomariam dimensões cada vez maiores, mas não se tornaria uma guerra, no sentido que conhecemos. O desenvolvimento das armas nucleares e o constante remodelamento das armas convencionais - incluindo mísseis, tanques e aviões – serviram, em grande parte, para intimidar o lado oposto e marcaram profundamente o pós-guerra. Nos anos subseqüentes ao fim da Segunda Guerra Mundial, o mundo viria a assistir a confrontos nos campos político, científico, tecnológico, ideológico e cultural entre Estados Unidos e União Soviética. Este período de confrontos, que os duraria quase cinquenta anos ficou conhecido como Guerra Fria.

A Guerra Fria foi marcada por um grande respeito de americanos pelos soviéticos e vice versa, o que contribuiu para que um lado não atacasse o outro em seu território. Ambos temiam a destruição da vida no planeta Terra, uma vez que sabiam que suas armas nucleares eram capazes disso. Para o cientista político francês Ray-mon Aron, neste período, a guerra era improvável e a paz impossível⁸⁷. A Guerra Fria “diferenciou-se de conflitos internacionais anteriores por ter caráter global e representar, com o advento das armas nucleares, a possibilidade real do fim da maioria das formas de vida na Terra”⁸⁸.

Uma série de acontecimentos no pós-guerra influenciou o curso da Guerra Fria. A União Soviética exigia uma compensação maior que os demais aliados, pois foi o país que mais sofreu baixas com a Segunda Guerra. Para se ter uma idéia, dos cerca de 45 milhões de pessoas mortas durante a Segunda Guerra Mundial, 26 milhões eram soviéticos. Além disso, foram os russos quem tomaram a parte oriental da Alemanha onde fica a capital Berlim, forçando o suicídio de Hitler.

⁸⁶ CORNWELL, 2003, p. 374

⁸⁷ ARBEX, 1997

⁸⁸ ATLAS DA HISTÓRIA DO MUNDO, 1995

18. A divisão da Alemanha

Mesmo antes do fim da Guerra os aliados já se reuniam para decidir o futuro da Europa quando os combates acabassem. No final do ano de 1943, os presidentes Roosevelt dos Estados Unidos, Stalin da União Soviética e o Primeiro Ministro inglês Winston Churchill se reuniram em Teerã e projetaram a divisão da Alemanha ao final da Guerra.

Em fevereiro de 1945, em uma nova reunião conhecida como Conferência de Ialta (Ucrânia), novamente Stalin, Roosevelt e Churchill discutiram a divisão da Alemanha. Os líderes Roosevelt e Churchill reconheceram a importância soviética na conquista. Finalmente em julho de 1945, com o fim da Guerra na Europa, o novo presidente norte-americano Harry Truman, juntamente com Stalin e Churchill (foto abaixo), decidiu na Conferência de Potsdam (Alemanha) a definitiva divisão da Alemanha.



Aliados na Conferência de Potsdam. Da esquerda para a direita: o primeiro-ministro britânico Winston Churchill, o presidente norte-americano Harry Truman e o chefe de Estado e governo soviético, Josef Stalin, em 1945

<http://www.dw-world.de/dw/article/0.1564.958753.00.html>

A capital Berlim, localizada na zona soviética, também foi igualmente dividida entre os aliados. A capital Berlim se localizava na zona Soviética e viria a se tornar, no futuro, um grande símbolo da divisão do mundo em dois grandes blocos (socialista e capitalista) como veremos a diante. O que chamamos aqui de zona capitalista (zona britânica, francesa e americana) futuramente formaria a Alemanha Ocidental e a zona soviética ficaria conhecida como Alemanha Oriental.

Em julho de 1945 (um mês antes do bombardeio de Hiroshima e Nagasaki) foi criada a ONU – Organização das Nações Unidas – com objetivo de manter a paz e o espírito de cooperação entre os países. Foi numa Assembléia Geral da ONU, em novembro de 1947 que foi criada mais uma nação, o Estado de Israel. Os judeus espalhados pelo mundo, incluindo os que fugiram da perseguição nazista poderiam então se reunir em sua mais nova nação.

Com Hitler morto e a Alemanha ocupada pelos aliados, faltava apenas julgar os prisioneiros de guerra, que eram oficiais do exército alemão e pessoas ligadas a Hitler. Isso começou a acontecer em novembro de 1945 em Nuremberg, na Alemanha. O Tribunal de Nuremberg julgou os líderes nazistas presos pelos aliados. Dentre eles, onze foram condenados à morte por enforcamento, acusados de crimes contra a humanidade, três foram inocentados e os demais receberam penas diversas. Sabe-se que nem todos foram capturados. Muitos fugiram e viveram em outros países com identidades falsas.



Tribunal de Nuremberg

<http://www.internext.com.br/valois/pena/1946.htm>

Na Conferência de Potsdam foi deliberada a divisão do território alemão em quatro zonas de ocupação pelos aliados: zonas britânica, francesa, americana e soviética. Se olharmos sob outro ponto de vista perceberemos que a Alemanha foi dividida em duas zonas ideológicas: A zona capitalista, pertencente à Inglaterra, França e Estados Unidos e a zona comunista, ou zona Soviética (como no mapa abaixo). A capital Berlim, localizada na zona soviética, também foi igualmente dividida entre os aliados.

A capital Berlim se localizava na zona Soviética e viria a se tornar, no futuro, um grande símbolo da divisão do mundo em dois grandes blocos (socialista e capitalista) como veremos a diante.



<http://www.tvcultura.com.br/aloescola/historia/querrefria/querrefria7/blocosocialista-lesteeuropeu.htm>

Como vimos, a ciência alemã era referência mundial no início do século XX, sendo inclusive premiada com inúmeros prêmios Nobel. No campo tecnológico esta nação também se destacava e, com o governo de Adolf Hitler, a produção tecnológica de guerra aumentou. Enfim, a Alemanha derrotada tinha muita ciência e tecnologia para oferecer e os aliados passaram a disputar esta riqueza intelectual alemã. Nas zonas de ocupação, cada país ocupante tentava levar para si as descobertas alemãs. Às vezes,

militares de um país ocupante invadiam clandestinamente a zona de ocupação de outro país com objetivo de tomar posse de algum conhecimento ou produção tecnológica alemã que lhe interessasse.

Os Russos desmontaram fábricas inteiras e transportaram-nas, junto com os trabalhadores para a Rússia. (...) Os americanos (...) embarcaram para os Estados Unidos foguetes V1 e V2 e todas as peças de reposição em que puderam por as mãos. Os americanos pegaram todo um túnel de vento supersônico da Baviera, um submarino com avançado sistema de propulsão e muitos tipos diferentes de aviões, incluindo protótipos de jatos e aviões-foguetes(...) [além de] toneladas de projetos.⁸⁹

O túnel de vento confiscado pelos Estados Unidos tinha a função de ajudar os engenheiros a desenvolver a aerodinâmica de aviões de guerra. Como é muito difícil observar como um avião corta o ar quando está voando, um protótipo, ou seja, uma miniatura do avião é colocada em frente ao grande ventilador do túnel de vento. Desta forma pode-se estudar qual o melhor formato que pode ter um avião e construí-lo de forma que ele, cortando melhor o ar e sendo mais estável no voo, torne-se mais rápido e eficiente nas batalhas. Lembre-se que quando um avião está parado em relação a nós e recebendo rajadas de vento, observamos os mesmos fenômenos presentes em um avião que está em movimento em relação ao solo, cortando o ar. Assim, o túnel de vento simula condições de voo e ajuda os engenheiros a construírem aviões cada vez melhores.

De fato, americanos e soviéticos lucraram muito com os aparatos tecnológicos que herdaram da Alemanha, mas estes objetos constituíam a menor parte do ganho. A maior vantagem que os americanos e os soviéticos tiveram com a ocupação da Alemanha foi a apropriação dos recursos humanos, ou seja, dos cientistas alemães. Mesmo antes da eclosão da Segunda Guerra Mundial, muitos países já haviam sido presenteados com a genialidade dos cientistas alemães, principalmente de origem judia, que fugiam da perseguição nazista. Mas com o fim da Guerra, mesmo os que ficaram na Alemanha estavam agora disponíveis para os aliados vencedores.

Uma parte dos cientistas alemães foi trabalhar nos Estados Unidos, entre eles Wernher von Braun, o engenheiro chefe da construção dos foguetes V2. Outra parte foi servir ao governo soviético.

19. Qual a relação entre a tecnologia desenvolvida para mísseis de guerra e o desenvolvimento de foguetes capazes de colocar um satélite em órbita?

Os programas nuclear e espacial dos Estados Unidos e da União Soviética foram muito influenciados pela ciência e tecnologia alemãs. Os foguetes V2, fabricados com mão-de-obra escrava nos campos de concentração e confiscados pelos aliados, tornaram-se muito significativos, pois “sua fabricação daria base para o desenvolvimento da tecnologia espacial soviética e americana durante a Guerra Fria”⁹⁰. Foi com a ajuda da tecnologia dos foguetes V2, os mesmos que causaram muita destruição e mortes em Londres e Antuérpia durante a Segunda Guerra, que foram construídos os foguetes que colocaram os primeiros satélites em órbita, levaram o homem à Lua e conduziram a um grande avanço na conquista espacial.



Stálin
<http://paginas.terra.com.br/educacao/projetovi/p/1221.htm>



Nikita Khrushchev em 1962
http://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_Fria

Mas a conquista do espaço ainda demoraria a chegar, e não seria assistida por Stalin. Ele faleceu em 1953 e foi sucedido por Nikita Khrushchev.

⁸⁹ CORNWELL, 2003, p. 365

⁹⁰ ARBEX, 1997, p. 58

20. O bloqueio de Berlim

Em julho de 1948, Stalin seria o protagonista de um acontecimento que abalaria mais ainda a relação entre a União Soviética e os demais aliados da Segunda Guerra, principalmente os Estados Unidos: o bloqueio de Berlim. Como vimos, a Alemanha foi dividida em quatro zonas de ocupação entre os aliados, com o fim da Guerra. A capital Berlim, localizada na parte oriental da Alemanha ficava dentro da zona Soviética e, também, foi igualmente dividida, segundo as decisões da Conferência de Potsdam.

Na zona alemã, que não sofria a influência soviética, a moeda corrente era o marco alemão-ocidental, circulando por toda a parte da Alemanha não controlada pelos soviéticos, inclusive em Berlim ocidental. Invariavelmente, esta moeda acabava circulando também na parte oriental da cidade, de domínio russo. Temendo perder o controle da economia, Stalin não podia permitir o fluxo de moeda ocidental para sua região de domínio e ordenou um bloqueio a toda a Berlim. Antes do bloqueio, Berlim ocidental era uma ilha capitalista, cercada de comunistas por todos os lados. Agora, além disso, tornava-se difícil o abastecimento da cidade, que só foi possível através de uma “ponte aérea”. Foi assim que, aviões de antigos aliados, conseguiram abastecer Berlim ocidental, levando principalmente comida e carvão.

Em maio de 1949, quase um ano após o cerco de Berlim, Stalin recuou e suspendeu o bloqueio. Essa suspensão teve como consequência a divisão da Alemanha em duas. As antigas zonas britânica, francesa e americana se tornaram um novo país capitalista, a República Federal da Alemanha, ou Alemanha Ocidental. Sua capital era Bonn. A zona soviética formou a República Democrática Alemã, ou Alemanha Oriental, com sua capital em Berlim.

21. E os desentendimentos continuam

Além de problemas na Alemanha, no pós Segunda Guerra, americanos e soviéticos tinham outras preocupações. Enquanto os Estados Unidos se esforçavam em conter a expansão socialista pelo mundo, a Rússia, por sua vez, tentava disseminá-la.

Os países vizinhos da União Soviética se tornaram socialistas, servindo como escudo para Moscou. Os norte-americanos se incomodavam com a expansão comunista, apesar de não acreditarem muito na capacidade científica e tecnológica dos soviéticos. Para os americanos, uma nação socialista como a Rússia era incapaz de concorrer com eles na produção intelectual. Os EUA fabricavam automóveis, eletrodomésticos, enfim, uma infinidade de bens de consumo muito diferentes dos fabricados na União Soviética. A felicidade nos Estados Unidos estava vinculada ao consumo. Só era considerado feliz aquele cidadão que possuísse automóvel e televisor. As donas de casa deveriam possuir os mais variados eletrodomésticos disponíveis no mercado, para facilitar suas atividades. Quanto maior o consumo, maior seria a produção e, conseqüentemente, mais o país iria crescer. Por isso, o lema era consumir sempre, e cada vez mais. Com esse ideal de felicidade americano, o povo vivia sem muitos problemas e estava satisfeito. O orgulho dos cidadãos dos EUA permaneceu inabalado até 04 de outubro de 1957, quando os soviéticos lançam o primeiro satélite artificial, o Sputnik.

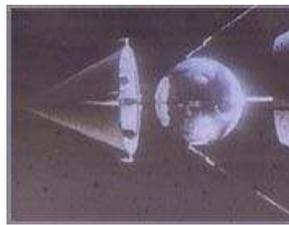
22. O Sputnik e o susto americano

O Sputnik tinha o tamanho aproximado de uma melancia grande e dispunha de aparelhos capazes de medir a temperatura e a densidade da alta atmosfera da Terra. Essas informações eram transmitidas para a Terra através de antenas que emitiam ondas de rádio. Após ter enviado mensagens por 21 dias e ter permanecido por 96 dias em órbita, o Sputnik-1 incendiou-se ao reentrar na atmosfera.



Cientista russo trabalhando no Sputnik

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Sputnik>



O desacoplamento de Sputnik

<http://www.tvcultura.com.br/aloescola/ciencias/olhandoparaocceu/opceu6.htm>

A notícia do lançamento do Sputnik-1 souu insuportavelmente nos os ouvidos norte-americanos. Os Estados Unidos não conseguiam entender como uma nação, que julgavam tão atrasada e antiquada, poderia conseguir a proeza de colocar uma máquina em órbita da Terra. O clima de pânico tomou conta, e motivos não faltavam. Podemos até imaginar as frases de medo dos americanos: “Se uma nação que foi governada por Czares sanguessugas, sofreu uma revolução comunista, foi arrasada por duas Guerras Mundiais e ainda assim consegue colocar um satélite em órbita, é porque o comunismo é infinitamente melhor que o capitalismo”. Ou o que é ainda pior: “Os russos possuem armas nucleares. Agora detém a tecnologia espacial. Em breve irão unir as duas coisas, construído plataformas espaciais para mísseis nucleares e poderão alvejar qualquer ponto da Terra, basta quererem. Ah, Meu Deus! Em breve choverão bombas atômicas sobre nós!”

A histeria americana estava apenas começando. Menos de um mês depois, no dia 03 de novembro de 1957, os soviéticos colocam o primeiro ser vivo em órbita a bordo do Sputnik-2: a cadela Laika. Aparelhos que mediam batimentos cardíacos e pressão arterial estavam acoplados ao corpo da cadelinha. Os soviéticos tentavam compreender como o organismo de um ser vivo se comportava nas condições de microgravidade, com objetivo de, num futuro próximo levar um homem ao espaço. Assim como no Sputnik-1, os dados obtidos eram enviados para a Terra através de ondas de rádio. Não havia condições para que o Sputnik-2 retornasse à Terra e a simpática cadela estava condenada a morrer. Laika sobreviveu no espaço por alguns dias e o Sputnik-2 desintegrou-se pouco mais de cinco meses depois, ao reentrar na atmosfera a 28000 km/h.



Laika

<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/tmp/1957-002A.html>



Sputnik-2

<http://www.answers.com/topic/sputnik-2>

Lembra-se da microgravidade que estudamos anteriormente? Você deve se lembrar que um corpo orbitando a Terra está constantemente caindo, mas nunca atinge o chão, como idealizado por Isaac Newton. A cadela Laika foi o primeiro ser vivo a experimentar a sensação de um ambiente de microgravidade. Isso a torna um ser especial, apesar de não ter sobrevivido para “contar” a história!

23. O contra-ataque americano

Com um sentimento que misturava medo e orgulho ferido, os americanos tentaram correr atrás do prejuízo. Até então, eles tinham outros desafios tecnológicos, como por exemplo, a tentativa de se construir aviões muito velozes. Pilotos tentavam voar nessas máquinas mais rápido que o som, quebrando recordes de velocidade. Agora, os americanos sentiram a necessidade de investir no espaço e acompanhar os russos na tecnologia de

satélites e de foguetes lançadores. O Sputnik começa o que hoje chamamos de *Corrida Espacial*.

O governo dos Estados Unidos passou a investir muito na tecnologia de satélites e foguetes. O primeiro lançamento americano ocorreu no final de 1957 e foi um fracasso. Logo após a decolagem o foguete explodiu, foi uma frustração. A insistência dos americanos em não ficar atrás dos russos na conquista do espaço levou os Estados Unidos a continuarem a luta. No início do ano subsequente, veio o primeiro sucesso. As primeiras experiências espaciais americanas se deram com o lançamento das missões Explorer. O satélite Explorer-1 tinha cerca de 14 kg e foi lançado em 31 de janeiro de 1958 (o Brasil estava prestes a ser campeão mundial de futebol pela 1ª vez). Era um Satélite Astronômico e tinha a função de estudar fenômenos espaciais que não eram possíveis de serem estudados do solo por causa da atmosfera. O satélite Explorer-1 “foi lançado pelo foguete *Junco 1*, que era, na verdade, um foguete V2 modificado por Von Braum”.⁹¹



Wernher von Braun, o segundo da direita para a esquerda trabalhando no protótipo do Junco 1
http://www.redstone.army.mil/history/archives/vonbraun/explorer_1_02.jpg

Vocês ainda se lembram de Wernher von Braun e dos seus foguetes V2? Vejam a influência de Hitler e da Segunda Guerra Mundial na corrida espacial! O mesmo von Braun que trabalhou para os nazistas, agora era o principal responsável pelo programa espacial americano. Os foguetes V2, projetados por ele, construídos com trabalho escravo nos campos de concentração e que destruíram Londres e Antuérpia no final da Guerra, foram transformados em veículos lançadores de satélite e usados em 1958.

Em outubro deste ano, presidente Eisenhower dos Estados Unidos cria a NASA, com o objetivo de explorar o espaço⁹². O Explorer-6, no ano seguinte, tirou a primeira foto da Terra vista do espaço. Cada sucesso das missões de um lado era rebatido por um programa do outro. Além de um fator ideológico, enfatizado pela demonstração da superioridade do regime que adotavam com a conquista espacial, esta disputa tinha também o objetivo de desenvolver foguetes capazes de bombardear qualquer lugar da Terra com ogivas nucleares, ou lançar satélites espíões.

*A corrida espacial tinha um óbvio componente simbólico de superioridade e poder e o bloco que primeiro dominasse o espaço teria comprovada sua maior capacidade científica. E como era a capacidade científica que media o progresso, quem dominasse primeiro o espaço provaria ao mundo que possuía o sistema mais perfeito, com maior capacidade de realizar os sonhos do homem.*⁹³

24. A disputa pela Lua

Assim, além de uma competição científica e tecnológica entre as duas superpotências, a corrida espacial era o reflexo da disputa ideológica entre comunismo e socialismo. Essa disputa foi uma parte importante de uma guerra sem batalhas diretas, de um conflito ideológico, de uma guerra fria. Neste conflito, uma vitória significativa seria a conquista da Lua, e mais uma vez a União Soviética estava à frente. O programa soviético Luna teve como objetivo estudar nosso satélite natural. Para isso precisava se distanciar muito da Terra, algo nunca antes conseguido. A missão Luna-1 foi a primeira missão lunar ocorrida em janeiro de 1959, mas no dia 13 de setembro do mesmo ano, a Luna-2 se chocou contra a superfície lunar. Os primeiros bons resultados estavam reservados para outubro deste ano, quando a Luna-3, ao contornar a Lua a uma altura de apenas 7000 km, fotografou pela primeira vez a face oculta do astro. Talvez você não saiba, mas, aqui da Terra nós vemos sempre a mesma face da Lua. Seu giro ocorre de tal forma que somente

⁹¹ ARBEX, 1997, p. 60

⁹² No mesmo ano das missões Explorer e da criação da NASA, o mundo veria também um garoto de dezessete anos, apelidado de Pelé se despontar na copa como uma das maiores revelações do futebol mundial.

⁹³ ARBEX, 1997, p. 13

um lado aponta para a Terra. A Lua dá uma volta completa em torno dela mesma no mesmo tempo que dá um giro em torno da Terra.

Ao contornar a Lua, o Luna-3 fotografou a face oculta da Lua e enviou a imagem para o centro de controle.

O governo de Washington criou as missões Pioneer, com o mesmo objetivo das missões Luna soviéticas: conhecer a Lua.

A essa altura, já se passaram mais de três anos do lançamento do Sputnik-1 e nenhuma das missões que o sucederam tinham causado tanto impacto como o lançamento desta pequena bola de metal. Mas estava prestes a acontecer algo que, como o lançamento do Sputnik-1, seria um marco na corrida espacial e na história tecnológica da humanidade: um homem foi colocado em órbita.

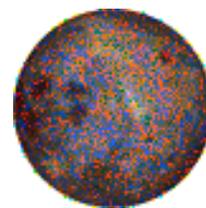
25. O primeiro homem no espaço e a tentativa americana de acompanhar os russos

Até então, nenhuma missão era tripulada, ou seja, não tinha tripulação humana. Nenhuma missão soviética ou americana tinha colocado uma pessoa em órbita da Terra. Este feito foi conseguido pelos soviéticos e mais uma vez os russos demonstraram sua superioridade na conquista do espaço, pregando um novo susto nos americanos.



Yuri Gagarin

<http://www.unificado.com.br/calendario/04/gagarin.htm>



Face escura da Lua fotografada pelo Luna-3

Em abril de 1961, o Russo Yuri Gagarin foi o primeiro homem a ver a Terra de longe. Ele entrou em órbita e voltou com segurança à Terra.

Mais uma vez os americanos se viram ficando para trás, na corrida espacial, e precisavam se mexer. Em maio do mesmo ano em que a Rússia colocou um astronauta em órbita, o americano Allan Shepard, a bordo da cápsula Mercury, levada pelo foguete Redstone, deu um salto sub-orbital e retornou à Terra. Não entrou em órbita como Gagarin, mas sentiu alguns efeitos de pouca gravidade. O foguete Redstone não tinha potência suficiente para colocar a cápsula em órbita. O voo durou pouco mais de 15 minutos e chegou a uma altitude de 187 quilômetros.



Allan Shepard experimentou 5 minutos de microgravidade antes de voltar à Terra, retorno no qual sentiu forças doze vezes maiores do que a força da gravidade⁹⁴, ou seja, sentiu seu corpo pesando doze vezes mais. Depois que entrou na atmosfera terrestre, a cápsula Mercury caiu de pára-quadras no mar e foi resgatada, juntamente com Allan Shepard por um helicóptero da força aérea americana.

Lembra-se das forças de contato estudadas anteriormente? Elas são importantes para compreendermos o que o Shepard sentiu quando retornou à Terra. Vimos que uma pessoa dentro de um elevador acelerado para baixo, sente seu corpo mais leve, apesar de seu peso continuar o mesmo. Isso se deve ao fato de a força de contato entre o piso e os pés diminuir. Em outras palavras, a força Normal ficou menos intensa. Se o elevador estiver em queda livre, a pessoa se sentirá flutuando, pois cairá em relação à Terra com a mesma

⁹⁴ Foguetes- UNIVAP

aceleração do elevador, sem perceber que estão caindo juntos. Agora pense: e se o elevador estiver descendo e começar a frear, como se sente a pessoa a bordo dele, mais leve ou mais pesada?

No caso de um elevador descendo acelerado, a força Normal diminui e a pessoa se sente mais leve. Se o elevador está descendo e começa a frear (aceleração contrário ao movimento – ou seja, aceleração negativa), a força de contato ou força Normal aumenta e a pessoa se sente mais pesada.

Agora imagine que você está a bordo da cápsula Mercury em queda livre e entra na atmosfera terrestre, que é densa. A cápsula então começa a desacelerar. Como você sentiria o peso de seu corpo, aumentando ou diminuindo? Sabendo da resposta, você saberá exatamente o que o Allan Shepard sentiu ao retornar à Terra.

Mesmo os Estados Unidos estando aparentemente atrás da União Soviética na corrida espacial, em 21 de maio de 1961, o então presidente norte-americano John Kennedy declarou em um discurso ao congresso norte-americano que iria levar o homem à Lua ainda naquela década. Parte das palavras do presidente, em sua tradução para o Português foram:

“Penso que esta nação deve empenhar-se para que o objetivo de pousar um homem na Lua e trazê-lo de volta à Terra a salvo seja atingido antes do fim desta década”.



John Kennedy
http://en.wikipedia.org/wiki/John_Kennedy

O objetivo do discurso não era apenas convencer os parlamentares do congresso americano, mas também a opinião pública norte-americana da importância de investir nesse projeto. “Em 07 de agosto de 1961, o congresso aprovou 1,7 bilhão de dólares para o orçamento da NASA”.⁹⁵

A conquista do espaço era apenas uma das inúmeras disputas entre americanos e soviéticos. Nos anos de 1961 e 1962, além dos astronautas, outro homem se tornaria o centro das atenções e tiraria o sono dos americanos: O advogado Fidel Castro. Ele foi um dos líderes da revolução cubana, juntamente com médico argentino Ernesto “Che” Guevara. Fidel passou a governar a ilha comunista localizada a menos de 200 quilômetros dos Estados Unidos. Os americanos não podiam tolerar um aliado de Moscou tão próximo de

seu território, por isso, treinaram um grupo armado formado principalmente por exilados cubanos, com objetivo de derrubar Fidel Castro. A tentativa norte-americana não deu certo e o grupo foi derrotado quando invadiu a Baía dos Porcos em Cuba, em abril de 1961.



Fidel Castro
<http://www.spartacus.schoolnet.co.uk/COLDcastroF.htm>



Ernesto “Che” Guevara
<http://www.chequevaradela.erna.hpqvip.iq.com.br/galeria.html>

26. O Muro de Berlim

Menos de seis meses depois da frustrada invasão da Baía dos Porcos, a Alemanha ganhou o grande “monumento” da Guerra Fria, um muro que dividiu Berlim em duas. O país já estava dividido em Alemanha Ocidental (capitalista) e Alemanha Oriental (socialista), e da mesma forma Berlim era dividida, mas, em agosto de 1961, acabou sendo fisicamente dividida pelo muro, o tão conhecido Muro de Berlim. Este acontecimento aumentou ainda mais a tensão entre americanos e soviéticos. “Sob a alegação de que milhares de cientistas fugiam para o lado ocidental, ao mesmo tempo em que moedas e mercadorias faziam o caminho inverso”⁹⁶, o governo soviético chefiado por Nikita Khrushchev ordenou a construção do muro. Ele tinha 3 metros de



Início da construção do Muro de Berlim, em 13 de agosto de 1961.

⁹⁵ MOURÃO, 2002, p.222

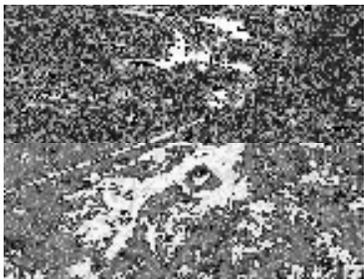
⁹⁶ DIVALTE, 2002, p. 347

altura e 45 quilômetros de extensão, além de ter, em suas proximidades, minas explosivas e barricadas e arame farpado. Foram também construídas guaritas ao longo do muro para abrigar guardas armados, a mais famosa delas era a chamada Checkpoint Charlie.

Com o muro, Famílias foram separadas e muitas pessoas jamais voltariam a ver seus parentes que ficaram do outro lado. Ao longo de seus quase trinta anos de existência, o Muro testemunhou a morte de muitos alemães que tentaram atravessá-lo.

27. O mundo a beira da guerra nuclear

Pouco tempo depois da construção do Muro de Berlim, Nikita Khrushhev e Fidel Castro voltariam a confrontar os Estados Unidos. O regime comunista adotado por Cuba de fato incomodava os americanos, mas a principal afronta aos Estados Unidos só aconteceu em outubro de 1962 quando um avião americano U-2, que voava a alturas muito elevadas cumprindo missões de espionagem, fotografou algo diferente que estava sendo construído em território cubano. Tratava-se de uma base de mísseis nucleares soviéticos. Esses mísseis poderiam atingir o território americano minutos após serem lançados. A ilha de Cuba, extremamente ligada a Moscou quase se tornaria motivo para uma grande guerra, com conseqüências desastrosas para todo o mundo. Não se tratava de um risco de uma guerra de trincheiras e nem de bombardeios convencionais, mas de uma guerra nuclear. Americanos e soviéticos possuíam bombas atômicas com poder de destruição milhares de vezes maior do que as que destruíram Hiroshima e Nagasaki, e capazes de destruir vários planetas como o nosso. Nunca o mundo esteve tão perto de sua destruição total.



Vista aérea mostrando base de lançamento de mísseis em Cuba, novembro de 1962

http://pt.wikipedia.org/wiki/Crise_dos_M%C3%ADsseis

Em pânico, o governo norte-americano realizou um bloqueio naval em Cuba. Os navios americanos barraram qualquer outro veículo náutico que se aproximasse da ilha, para impedir que mais mísseis chegassem. Por vários dias a tensão de uma guerra nuclear esteve presente. Qualquer ataque americano seria imediatamente revidado por um bombardeio soviético, ou vice-versa. Para a sorte do mundo, americanos e soviéticos entraram em um acordo e os mísseis foram retirados de Cuba. Se não houvesse este acordo, talvez você não estivesse aqui lendo este texto.

28. A espionagem, os acidentes e o imaginário popular

Toda a tensão de uma possível guerra nuclear aconteceu paralelamente ao trabalho dos cientistas para conquistar o espaço. A promessa de John Kennedy de levar o homem à Lua gerou uma grande euforia entre os americanos e acelerou o programa espacial dos Estados Unidos. As missões americanas Mercury, Gemini e Apolo tinham diferentes funções, mas todas elas visavam preparar terreno para que o envio do homem à Lua ocorresse sem perdas materiais e nem tragédias com os astronautas. O programa espacial soviético também criava mecanismos para evitar acidentes. Mesmo assim ocorreram desastres dos dois lados. Algumas missões explodiram antes mesmo de sair do chão.

Mesmo com todas as precauções, uma tragédia abalou os Estados Unidos, em janeiro de 67. Durante uma decolagem simulada, um incêndio provocado por um curto-circuito destruiu a nave Apolo-1, matando os três astronautas a bordo. Em maio do mesmo ano, os soviéticos também passaram por momentos desoladores com a queda da nave Soyuz-1, durante a manobra de retorno à Terra. O acidente provocou a morte do cosmonauta Wladimir Komarov.⁹⁷

Apesar dos acidentes, principalmente os que causaram tragicamente a morte de tripulantes, a conquista do espaço era quase sempre noticiada como a maior expressão dos

⁹⁷ <http://www.tvcultura.com.br/aloescola/historia/guerrafria/guerra4/corrídaespacial2.htm>, acessado em 02/09/2005

efeitos do desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade. Se a notícia fosse divulgada pelos americanos, a mensagem era que eles estavam superando os soviéticos na conquista do espaço. Se a fonte de informação partisse do lado soviético, era enfatizada sua superioridade sobre os americanos.



Tripulação da nave (Jornada nas Estrelas)

<http://www.jornadanasestrelas.s.hpg.iq.com.br/>



O espalhamento das notícias das missões espaciais mexeu com o imaginário popular. Muitos boatos sobre discos voadores e invasão de marcianos passaram a fazer parte das conversas de botequim em várias partes do mundo. A corrida espacial também inspirou o cinema, a televisão e a literatura. Em 1966 foi, ao ar a famosa série de TV *Jornada nas Estrelas*. Dois anos depois, em 2001, *uma Odisséia no Espaço*, uma produção cinematográfica com efeitos especiais de altíssima

qualidade, tornou-se um dos mais famosos filmes de ficção científica já gravados. A espionagem também foi tema de livros e filmes. Ian Fleming escreveu vários livros contando as aventuras de seu personagem, um agente secreto britânico envolvido com espionagem. Seus livros deram origem ao agente 007, ou James Bond. Os filmes com o ator Sean Connery, no papel de 007 se tornaram sucesso de bilheteria e até hoje James Bond faz sucesso, interpretado por outros atores.

Espiões galantes, envolvidos com lindas mulheres e possuidores de armas mirabolantes ficaram restritos às telas e aos livros. Na vida real a espionagem era bem diferente da dramaturgia. Pessoas anônimas que viviam num certo país como qualquer outro cidadão, passavam informações para a nação inimiga, ou para qualquer outro país que se interessava por elas. Além de passar informações, os espiões faziam outros trabalhos “sujos”, como o assassinato de líderes ou a imposição de ditaduras em outras nações. Apesar de a espionagem existir antes da Guerra Fria, foi neste período que ela tomou força. A CIA nos Estados Unidos e a KGB na União Soviética foram as principais instituições de serviço secreto durante a Guerra Fria.

29. A ida do homem à Lua, a maior conquista americana na Corrida Espacial

Enquanto o trabalho dos espiões seguia silencioso, a corrida espacial se desenvolvia com muito alarde. Cada conquista russa ou soviética era amplamente divulgada pelos meios de comunicação, em exaltação à capacidade científica e tecnológica que cada regime (comunista ou capitalista) era capaz de proporcionar.

Em meados da década de sessenta, os americanos aguardavam ansiosos pelo que julgavam ser o maior feito da corrida espacial, a conquista da Lua. Os americanos não se



Neil Armstrong e Edwin Aldrin
<http://www.tvcultura.com.br/aloescola/historia/querrafrida/querra4/corridaespacial3.htm>

frustraram, pois a promessa do presidente Kennedy foi cumprida. No ano de 1969, o norte-americano Neil Armstrong, comandante da Apollo 11 e Edwin Aldrin (foto ao lado) foram os primeiros homens a pisar num astro que não era a Terra. A missão foi um sucesso e as informações da viagem foram transmitidas e assistidas por milhares de pessoas

pela TV. Antes do encerramento do programa Apollo, os Estados Unidos ainda voltariam à Lua por mais cinco vezes.

30. As missões não-tripuladas como reflexo do enfraquecimento da corrida espacial

Na década de setenta, após o lançamento do Apollo 11, outras missões espaciais, de ambos os países continuaram a ser planejadas e executadas, mas houve uma significativa desaceleração da corrida espacial. Os soviéticos passaram a seguir um caminho diferente, optando por enviar sondas não-tripuladas. Muitas sondas russas e americanas ultrapassaram os limites da Lua e viajaram pelo Sistema Solar, enviando

informações sobre o Sol, os demais planetas e seus satélites naturais, além de outros objetos como cometas e asteróides.

Alguns motivos levaram à diminuição do ritmo da corrida espacial. Os contribuintes americanos começaram a questionar se teria valido a pena gastar cerca de 25 bilhões de dólares para levar o homem à Lua. Além disso, os filmes, livros e seriados de TV eram muito mais interessantes e baratos, e muitos americanos passaram a desconfiar que o comunismo fosse mesmo uma ameaça. Enfim, a Guerra Fria estava começando a cansar as pessoas.⁹⁸



Onibus espacial
<http://www.geocities.com/ResearchTriangle/Lab/6116/shuttle.html>

A NASA, por sua vez começou a investir em um veículo espacial reutilizável, nos anos setenta: o Ônibus Espacial. Este veículo tornou-se uma opção mais barata uma vez que, após lançado por um foguete, podia cumprir sua missão e retornar à Terra e depois reutilizado, sendo enviado ao espaço novamente.

Outro fato que mostra o fim, tanto da Guerra Fria, quanto da competição espacial, ocorreu em julho de 1975, quando houve o encontro da nave americana Apollo 18 com a soviética Soyuz 19. Os astronautas das duas naves se encontraram, realizaram experimentos científicos em conjunto e trocaram presentes. Este encontro foi uma demonstração de que a relação entre americanos e soviéticos se tornara menos tensa, e de que a Guerra Fria estivesse chegando ao fim. As relações entre estes dois povos se tornariam mais amistosas nas décadas de 80 e 90, com a queda do muro de Berlim e o fim da União Soviética.

31. A queda do muro de Berlim, o fim da União Soviética e da Guerra Fria

Nos primeiros anos da década de oitenta, o império soviético estava em grande declínio: o sistema de planejamento centralizado no Estado impedia que as decisões fossem tomadas com rapidez e flexibilidade, paralisando a administração da economia; a produção agrícola estava abaixo das expectativas; os produtos industrializados tinham alto custo de produção e baixa qualidade, como resultado da falta de concorrência das empresas estatais; a economia soviética ficou enfraquecida devido aos enormes gastos com a competição militar e a Corrida Espacial com os Estados Unidos; a população tinha baixa qualidade de vida, uma vez que os recursos aplicados na produção militar e na tecnologia espacial eram retirados de áreas sociais importantes.⁹⁹ Enfim, a União Soviética estava à beira do colapso.

Em 1982 a União Soviética passa a ser liderada por Iúri Andropov, que inicia reformas econômicas no país, visando evitar a eclosão de movimentos sociais que poderiam abalar o governo. As reformas não estavam ligadas a convicções democráticas, mas a uma tentativa de manter o poder.¹⁰⁰

As reformas iniciadas por Andropov foram apenas o começo. Outras mudanças muito maiores estavam prestes a ocorrer na União Soviética no governo de Mikhail Gorbatchov, a partir de 1985. Ao assumir o governo, Gorbatchov interrompeu os testes nucleares e promoveu profundas reformas políticas e econômicas em seu país. Com uma política baseada na *Glasnost*, que significa transparência e *Perestroika* que quer dizer reestruturação ou reconstrução, Gorbatchov passou a liderar sua nação rompendo com a censura e a estagnação dos governos anteriores.

Numa visita à Alemanha Oriental, em 1989, Mikhail Gorbatchov deixou claro ao presidente alemão Erich Honecker que não iria apoiar uma grande repressão às manifestações populares. A partir de então, essas manifestações aumentaram. Às dezoito horas e trinta minutos do dia nove



Mikhail Gorbatchov
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/pt/e/e8/Gorbatschow.JPG>

⁹⁸ ARBEX, 1997, p. 62

⁹⁹ DIVALTE, 2002, p. 395

¹⁰⁰ ARBEX, 1997, p.180

de novembro de 1989, um representante do governo alemão oriental declarou em entrevista que a passagem pelo muro estava livre. Tomados de imensa euforia, muitas pessoas começaram a demolir o muro, que por cerca de trinta anos simbolizou a divisão do mundo e o poder soviético. Muitos parentes que há trinta anos não se viam puderam então se reencontrar. Veja o depoimento do jornalista José Arbex Jr. que esteve lá quando o muro estava sendo destruído:

Às vezes, tenho a impressão de ter participado de um sonho. Lembro-me de dezenas de milhares de pessoas cruzando o Muro naquela noite fria de outono, dos encontros familiares e casais que durante anos não puderam encontrar-se, dos fogos de artifício, das cervejas e champanhes, das conversas, dos risos e dos choros de emoção. Eu tinha a nítida sensação de estar presenciando a própria história. Era óbvio que dali para frente o socialismo na Europa do leste havia chegado ao fim.¹⁰¹



<http://hospedagem.infolink.com.br/nostradamus/p078m12.htm>

A derrubada do muro de Berlim representou muito mais do que o reencontro de famílias após trinta anos de separação. Foi um marco do fim do socialismo no leste europeu e do fim da divisão do mundo em comunistas e capitalistas. Em 2006 ainda há nações socialistas como Cuba e Coreia do Norte, mas a bipolarização do mundo como na Guerra Fria não mais existe.

Em 8 de dezembro de 1991 com a criação da CEI – Comunidade de Estados Independentes –, a União Soviética passa a não mais existir e os Estados Unidos se tornam a única superpotência mundial. O planeta passa então a viver sob uma nova ordem com um imenso poder alcançado pela economia de mercado. As fronteiras dos países passam a oferecer cada vez menos resistências ao fluxo de produtos. Com isso, as nações mais ricas, como sempre, são beneficiadas e os países pobres amargam cada vez mais desemprego e privações.

¹⁰¹ ARBEX, 1997, p. 107

Considerações finais

- O desenvolvimento dos satélites foi motivado por questões ideológicas, ou seja, União Soviética e Estados Unidos queriam conquistar o espaço para convencer o resto do mundo que seu sistema de governo (comunista ou capitalista) era o melhor. Quem conseguisse convencer teria mais chances de implantar seu sistema em mais nações.
- A tecnologia alemã confiscada pelos aliados (entre eles URSS e EUA) após a derrota de Hitler, foi fundamental para a invenção dos satélites e dos foguetes lançadores.
- A Revolução Russa deu início à bipolarização do mundo, possibilitando o surgimento da Guerra Fria e criando condições para a invenção dos satélites.
- A Física que possibilitou o lançamento dos satélites e a ida do homem para a Lua foi desenvolvida no século XVII, por Isaac Newton, que se baseou em descobertas de outros cientistas, principalmente de Galileu e Kepler.
- Para que Galileu e Kepler desenvolvessem suas teorias, foi fundamental o trabalho de Copérnico que iniciou a era do heliocentrismo. As contribuições de Copérnico que ocorreram nos séculos XV e XVI foram muito importantes para que um dia os satélites pudessem ser lançados.
- Aristóteles e Ptolomeu também contribuíram muito, pois criaram teorias que estimularam e difundiram o pensamento cosmológico. Este pensamento levou outros cientistas (como Kepler, Galileu e Newton) a desenvolverem uma ciência que tornou possível a colocação de um corpo em órbita da Terra.
- Os satélites são responsáveis por auxiliar na previsão do tempo, comunicação, navegação, defesa e levantamento de recursos naturais. Eles têm hoje grande importância em nossa sociedade.

Referências Bibliográficas

ANDRADE, Carlos Drummond de. **A Rosa do Povo**. Rio de Janeiro. Ed. Record, 1987.

ARBEX, José. **Guerra Fria**. Terror de Estado, Política e Cultura. Ed. Moderna, São Paulo. 1997.

ARRUDA, José J. de A.; PILETTI, Nelson. **Toda a História**. História Geral e História do Brasil. São Paulo. Ed. Ática, 2003.

ATLAS da História do Mundo. São Paulo: Folha da Manhã, 1995.

BRENER, Jayme. **A Primeira Guerra Mundial**. São Paulo. Ed. Ática, 1999.

CLARK, Philip. **A Revolução Russa**. São Paulo. Ed. Ática, 1988. Tradução e adaptação, Jayme Brener.

CORNWELL, John. **Os cientistas de Hitler**; Ciência, guerra e o Pacto com o Demônio. Rio de Janeiro. Ed. Imago, 2003.

COTRIN, Gilberto. **História e Consciência do Mundo**. São Paulo. Ed. Saraiva, 1999.

DIVALTE. **História**. São Paulo. Ed. Ática, 2002.

MEDAWAR, Jean & PYKE, David. **O presente de Hitler**; Cientistas que escaparam da Alemanha Nazista. Rio de Janeiro. Ed. Record, 2003.

MOURÃO, Ronaldo R. de F. **O Livro de Ouro do Universo**. Rio de Janeiro. Ed. Ediouro, 2002.

STRICKLAND, Carol. **Arte comentada**; da pré-história ao pós moderno. Trad. Ângela Lobo de Andrade. Rio de Janeiro. Ed. Ediouro, 2002.

UNIVAP. **Foguetes**. São Paulo 1996. Universidade do Vale do Paraíba. Manual do Professor com Atividades de Ciências, Matemática e Tecnologia.

APÊNDICE C

Sugestões para o professor

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
Decanato de Pesquisa e Pós-Graduação
Instituto de Física
Instituto de Química
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS
MESTRADO PROFISSIONALIZANTE EM ENSINO DE CIÊNCIAS

SUGESTÕES PARA O PROFESSOR

Texto integrante de Dissertação realizada sob orientação da Prof^a. Dr^a. Erika Zimmermann, apresentada à banca examinadora como requisito parcial à obtenção do Título de Mestre em Ensino de Ciências – Área de Concentração “Ensino de Física”, pelo Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília e intitulada MÓDULO DE ENSINO DE MECÂNICA NEWTONIANA COM USO DE ABORDAGEM CTS - HISTÓRICA.

RÓBER CARLOS BARBOSA DUARTE

BRASÍLIA – DF, agosto de 2006

Módulo de Ensino de Mecânica Newtoniana com uso de abordagem CTS - Histórica: Sugestões para o professor

Professor, este material, composto por dois CDs, e dois textos de apoio têm como objetivo ajudá-lo a ministrar parte de um curso de Mecânica Clássica em nível médio, abordando a questão dos “satélites” em seu contexto social, tecnológico, científico e histórico, como tema gerador para a aprendizagem de Física. Os CDs contêm textos, narrações, filmes e animações, distribuídos em cinco arquivos no formato *Power Point*.

O CD 01 contém o conceito do tema gerador (satélites), seu uso, sua influência social e a Física que possibilitou a colocação dos satélites em órbita, ou seja, a mecânica newtoniana. Tendo como fundamentação a abordagem histórica, a Física de Isaac Newton, começa pela Teoria de Aristóteles e passa por outros cientistas, com ênfase em Galileu e Kepler. Esse CD contém quatro arquivos de apresentação de slides: o primeiro (1 – Satélites) tem 42 slides, o segundo (2 - Como colocar um satélite em órbita - de Aristóteles a Kepler) 86, o terceiro (3 - Como colocar um satélite em órbita – Galileu) 58 e o quarto (4 - Como colocar um satélite em órbita – Newton) 76, num total de 262 slides.

O contexto histórico da invenção dos satélites é abordado no CD 02 que apresenta a história da corrida espacial que ocorreu durante a Guerra Fria, mostrando os acontecimentos que influenciaram o conflito entre americanos e russos nas décadas de 1950, 1960 e 1970. As apresentações dos 205 slides do CD 02 estão todas em apenas um arquivo (5 - Contexto histórico da construção dos primeiros satélites). Os dois CDs têm ao todo cinco apresentações (sendo quatro no CD-01 e uma no CD-02). A soma dos slides de todas as apresentações ultrapassa 460.

A maioria dos slides é composta de texto e narração para que se tenha a opção de ler com os alunos ou disparar o áudio (clcando no desenho do auto-falante que se encontra na tela) e acompanhar a leitura. **Abra sempre os CDs pelo *Windows Explorer*** e clique duas vezes no arquivo desejado, dando o comando para apresentação. Os áudios das narrações e dos filmes encontram-se com intensidades de som diferentes, que podem ser controladas pelo volume das caixas de som. Se considerar o volume insuficiente, pode aumentá-lo por meio do *Windows*, clicando no ícone *volume* no canto inferior direito de sua tela ou através dos comandos *iniciar, acessórios, entretenimento, volume*.

Professor, a qualquer momento, durante a apresentação dos slides, você pode parar a apresentação para suscitar discussões e/ou parar para pedir aos alunos que solucionem algum problema.

Sugestões para uso dos CDs

As sugestões abaixo têm o objetivo de propor algumas perguntas a serem feitas aos alunos e procedimentos para uso do CD em sala de aula de Física, num curso de Mecânica Clássica do primeiro ano do Ensino Médio (como é próprio do currículo da maioria das escolas brasileiras). Não temos nenhuma pretensão de apresentar uma seqüência rígida e acabada de como utilizar este material, nem poderíamos fazê-lo. Essas sugestões tanto podem ser adaptadas à realidade de seu trabalho e de suas turmas quanto podem ser modificadas totalmente. A numeração das sugestões segue a mesma dos slides.

CD 01

Sugestões para uso dos slides da *Apresentação “1 – Satélites”*

1. Slide de apresentação
2. A apresentação do CD começa com uma parte do filme “2001 uma odisséia no espaço”. O trecho do filme apresentado traz coisas interessantes. Discuta com os alunos e enfatize a cena da caneta e da dificuldade que a “aeromoça” tem para caminhar. Tente encontrar, junto com os alunos, um motivo para os pés da aeromoça aderirem ao chão¹⁰². Por que ela anda meio “desengonçada”? O que faz com que nós aqui na Terra fiquemos com nossos pés fixos ao chão? Qual a diferença entre o que nos prende ao solo e o que prende a aeromoça à nave? Construa argumentos com os alunos sobre como o piloto, as pessoas da estação e o possível cinegrafista¹⁰³ estão observando a entrada da nave. Discuta sobre sistemas de referência. Encontre outros exemplos. Tente construir argumentos sobre por que quando o filme foi gravado (década de 1970) se pensava que no ano de 2001 a humanidade teria tecnologias tão avançadas¹⁰⁴.
3. O segundo slide tem função introdutória ao tema. Seria interessante perguntar aos alunos se eles sabem o significado da palavra “satélite” e a partir daí construir respostas para a pergunta “Você sabe o que é um satélite?”. Após as respostas seria bom mostrar as fotos e procurar a diferença entre os exemplos de satélites que aparecem.
4. Após apresentar a definição de satélites do slide 3, observe com os alunos a semelhança (no texto) das palavras “girar” e “orbitar”. Chame a atenção para foto e animações e discuta sobre as possíveis respostas para a pergunta: você conhece algum outro exemplo de satélite?;
5. Perguntas interessantes no uso deste slide seriam: Vocês já ouviram falar de Galileu Galilei? O que sabem dele? Qual o satélite natural da Terra? Existem outros que não são naturais? Os satélites artificiais sempre existiram? Se não, quando foram inventados?
6. Discuta sobre possíveis respostas à pergunta antes de prosseguir.

¹⁰² A aeromoça tem ímãs nos sapatos.

¹⁰³ Que filma a entrada da nave.

¹⁰⁴ O filme foi gravado em plena Guerra Fria, onde Estados Unidos e União Soviética disputavam a hegemonia mundial. Essas duas nações tentavam conquistar o espaço para tentar demonstrar ao mundo que seu regime - capitalista ou comunista - era o melhor. Outro objetivo era o desenvolvimento de tecnologia bélica - como mísseis balísticos e plataformas espaciais para lançamentos de bombas - para intimidar o lado oposto. Para isso investiam bilhões em tecnologia espacial e, durante a Guerra Fria, esta tecnologia avançou muito. Com o fim dessas disputas científicas e tecnológicas, - final da década de 80 e início dos anos 90 - reduziram-se os motivos para grandes investimentos nessas tecnologias, levando a uma desaceleração dos programas espaciais desses dois países. É importante lembrar que o filme “2001, uma odisséia no espaço” reflete um pensamento que o desenvolvimento científico e tecnológico é linear e neutro, mas a história parece demonstrar o contrário. Ver apresentação “5 - contexto histórico da corrida espacial”

7. Discuta sobre funções dos satélites e sobre missões tripuladas e destripuladas, enfatizando as diferenças.
8. Pergunte aos alunos se eles já observaram uma transmissão de TV via satélite. Qual a diferença para uma transmissão que não usa satélites?
9. Enfatize a cobertura da Terra, enviando e recebendo mensagens, feita por um satélite em órbita polar. Por que chamamos órbita polar?
10. Enfatize a área do eclipse. Pode ser feito um rápido comentário sobre eclipses.
11. Pergunte se os alunos conhecem cada um dos tipos de satélites. Discuta sobre as respostas.
12. Construa com os alunos, argumentos sobre porque as observações do espaço por satélites são mais eficientes. Discuta rapidamente sobre raios X, gama, infravermelho e ultravioleta, enfatizando a influência da atmosfera quando se observam estes raios. Discuta rapidamente sobre quasares, nuvens de gás, buracos negros e supernovas, enfatizando as tênues radiações desses corpos que chegam até nós e que são absorvidas pela atmosfera terrestre, dificultando a observação em terra. Comente sobre as partes dos satélites observadas nas fotos.
13. Comente sobre os dois exemplos de satélites astronômicos e a diferença entre as fotos da mesma galáxia tirada em terra e pelo Hubble. Convide os alunos a observar as partes dos satélites e suas respectivas funções. Será coincidência que o telescópio europeu se chame “Newton” e o norte-americano “Hubble”?
14. Discuta sobre as vantagens e desvantagens da comunicação via satélite. Por que esta forma de comunicação é melhor que a terrestre? Em que situação a terrestre é melhor? Qual o significado da palavra “geoestacionária”?
15. Enfatize o problema da curvatura da Terra para comunicações de longa distância e a utilidade dos satélites de comunicação geoestacionários.
16. Será coincidência que a primeira transmissão de TV via satélite tenha sido entre os Estados Unidos e a França? Por que não foi entre os Estados Unidos e a União Soviética? Qual o significado da palavra Telstar¹⁰⁵?
17. Qual a diferença entre órbita polar e geoestacionária? Por que os satélites de órbita geoestacionária observam cerca de um terço da Terra e os de órbita polar cobrem toda a superfície da Terra a cada 12 horas? Como os satélites meteorológicos medem a temperatura das nuvens se estão bem

¹⁰⁵ “Tel” significa telecomunicações e “star”, da língua inglesa significa estrela. Telstar significa então comunicação nas estrelas, ou algo parecido.

- longe delas? Discuta rapidamente sobre a transmissão de calor por irradiação.
18. Discuta as respostas dos alunos sobre órbita geoestacionária e polar.
 19. Por que os satélites hoje em dia não operam por um tempo tão curto (78 dias)? O que são células solares? Comente sobre a energia do satélite.
 20. Quando e como os Satélites Militares são usados? Discuta as possíveis respostas com os alunos. A única função deles é para o uso em guerras? Que são satélites espões? Como são usados?
 21. Discuta os possíveis objetivos das fotos tiradas por satélites espões.
 22. Comente outros usos dos satélites militares (que não em guerra), por meio da foto do rio Amazonas.
 23. Comente o uso de satélites espões que, fornecendo informações aos norte-americanos, contribuem para dominar os países em desenvolvimento.
 24. Observe a visão da Terra a partir de um objeto em órbita.
 25. Observe que os satélites não possuem apenas uma função. Discuta a importância do uso de satélites em viagens longas na Terra. Pergunte aos alunos se já ouviram falar na sigla GPS.
 26. Discuta os diversos usos do GPS.
 27. Discuta a importância dos satélites de levantamento de recursos terrestres. Como eles poderiam ser usados no Brasil? Quais as vantagens e desvantagens de se levantar os recursos terrestres do espaço?
 28. Pergunte se os alunos identificam o que aparece nas fotos e na animação, antes da legenda aparecer. Comente a animação e a foto após ler a legenda.
 29. Trata-se de um filme sobre o satélite brasileiro SCD-1 e sobre o INPE. O filme é extenso (em relação aos cinquenta minutos de aula), sua duração é de quase dezesseis minutos. Pode-se pausar (para discussões) clicando sobre a tela do filme. Clicando novamente o filme é reativado a partir daquele ponto. Uma outra opção é executar diretamente o arquivo "SCD-1_vídeo" que se encontra na pasta de arquivos do CD. Esta opção tem a vantagem de o professor utilizar a barra de rolamento do Windows Media Player, na parte inferior do vídeo para selecionar partes do filme. Executando direto do arquivo, o professor tem a opção de exibir tela inteira, clicando no ícone que fica no canto superior direito do vídeo. Pode usar também os seguintes comandos: Pausar: Ctrl + p; Parar: Ctrl + s; Repetir: Ctrl + t; Aumentar volume: F10; Diminuir volume: F9, além de outros comandos disponíveis no Windows Media Player.

30. Convide os alunos a observar a expansão urbana e os loteamentos desordenados que têm se desenvolvido em Brasília. Discuta esses problemas de Brasília e como os satélites podem nos ajudar a resolvê-los. É apenas a população pobre que invade terras públicas em Brasília? Quais os problemas ambientais que essas invasões podem trazer? Discuta o problema das queimadas e como os satélites podem nos ajudar a combatê-las.
31. Comente porque os satélites não se chocam uns com os outros. Discuta a importância de se calcular com precisão a altura e a órbita dos satélites. Pergunte se alguém já viu um pontinho luminoso passando “entre as estrelas”, em noites escuras.
32. Observe a foto das nuvens sobre o Brasil. No dia 26/12/2005, em qual parte do Brasil é mais provável que chova?
33. Pergunte aos alunos como são as transmissões de futebol “ao vivo”. Seria emocionante assistir uma gravação de uma partida de futebol, caso não se pudesse transmitir via satélite em “tempo real”? Peça que os alunos observem a foto e pergunte como é feita uma transmissão via satélite.
34. Enfatizar novamente as diferenças entre satélites naturais e artificiais. Observe as fotos.
35. Discuta o que vem a ser subsistemas de um satélite.
36. Comente rapidamente as partes do satélite. O que é controle de atitude? Atitude de um satélite é o seu posicionamento com relação a Terra e aos demais satélites. Se a atitude do satélite não estiver correta ele pode, por exemplo, se chocar com outro.
38. Observe os estágios do foguete, as partes do satélite, os jatos de gás que geram torque e giram o satélite de forma que seus painéis solares apontem para o Sol.
39. Deixando visível somente o título, pergunte como o satélite obtém energia. Comente as respostas e faça aparecer a figura.
40. Comente o uso da tecnologia espacial no cotidiano, observando o exemplo das células solares. Lembrar outros exemplos (Estimulação Russa¹⁰⁶, desenvolvimento de novos materiais, de novas técnicas usadas na medicina etc.). Comente outras formas de alimentação de energia possíveis em satélites.

¹⁰⁶ Tratamento muscular através de estímulos elétricos de alta intensidade. Pode manter a quantidade e a qualidade do tecido muscular, estimular o fluxo sanguíneo no músculo e até aumentar a sua força. O nome "Estimulação Russa" é uma referência às origens do tratamento. O primeiro aparelho foi inventado pelos russos e usado na reabilitação dos astronautas que voltavam do espaço com problemas de atrofia muscular por desuso. (<http://www.clinicamuricy.com.br>). O longo tempo de exposição à microgravidade faz os músculos dos astronautas atrofiarem por não encontrarem resistência neste ambiente.

41. Observe que a ciência que tornou possível a colocação de um satélite em órbita é antiga, e que nós vamos galgar por ela.

Sugestões para uso dos slides da Apresentação “2 – Como se coloca um satélites em órbita – de Aristóteles a Kepler”

2. Pergunte se os alunos já ouviram falar de Isaac Newton. O que é gravidade?
4. Peça para os alunos argumentarem que é a Terra que gira em torno do Sol. Como sabem disso? Por que observaram ou por que estudaram? Como pensavam os gregos, uma vez que dispunham somente de suas observações a olho nu, ou seja, não tinham telescópios e nem livros de ciências. A opção dos gregos pelo geocentrismo não é lógica?
5. Pergunte: Se o Sol aparenta girar em torno da Terra, o mesmo acontecendo com a Lua e as estrelas, o que os gregos poderiam concluir a partir dessas observações?
6. Comente a diferença entre geocentrismo e heliocentrismo, enfatizando a coerência do modelo geocêntrico como reflexo de nossas observações. Comente com os alunos a necessidade de se acostumarem com os termos *geocentrismo* e *heliocentrismo*, pois serão muito utilizados.
7. Observe a Terra ao centro e os cinco planetas conhecidos na época.
8. Lembre que os quatro elementos é uma herança dos filósofos pré-socráticos e não teve início com Aristóteles. Realize pequenos experimentos, como deixar objetos caírem, ou soprar um canudo com a outra extremidade dentro d'água. Interpretar a subida das bolhas segundo o ponto de vista de Aristóteles.¹⁰⁷
9. Peça para os alunos responderem a pergunta do slide antes de iniciar a animação.
10. Discuta os tipos de movimento na visão aristotélica e tente fazer os alunos descobrirem quais são eles antes de apresentar a caixa de texto da parte inferior do slide.
11. Enfatize o modelo de universo das esferas de cristal. Se elas não fossem de cristal as pessoas na Terra não veriam as estrelas.
12. Discuta possíveis respostas (É possível que os alunos apresentem explicações semelhantes à da teoria da força impressa de Hiparco, que será apresentada no slide 14).

¹⁰⁷ O lugar natural das bolhas (que são constituídas pelo elemento ar) é acima da água. Então elas sobem para a superfície porque procuram seu lugar natural.

13. Enfatize a lógica da explicação aristotélica, uma explicação bem coerente com a impossibilidade da existência do vácuo. Observe o duplo papel do ar, como motor e como resistente ao movimento.
14. Role uma bolinha no chão (ou cite o exemplo) e interprete a continuidade de seu movimento através da teoria de Aristóteles e de Hiparco.
15. Enfatize que, de acordo com Hiparco, a bola parou porque a força armazenada nela acabou e segundo Aristóteles ela parou porque a tendência de todo corpo é atingir seu estado natural de repouso. Observe que as teorias científicas não surgem de uma vez, mas são fruto da contribuição de muitas pessoas e que demoram a se consolidarem. Ainda assim, estão sempre sujeitas a mudanças.
17. Observe que o aparecimento de cometas, na visão de Aristóteles eram eventos atmosféricos, ou seja, aconteciam no mundo sublunar, por isso esses corpos estavam sujeitos a mudanças.
18. Antes de fazer aparecer o balão com o pensamento de Aristóteles, faça três perguntas abaixo aos alunos e peça para que eles respondam após lerem e/ou escutarem o áudio do slide. As perguntas são: 1º) Para Aristóteles, qual é (ou onde fica) a fronteira entre a Terra e o Céu? 2º) Com que nomes Aristóteles se referia a Terra e ao Céu? Quais as principais diferenças entre a Terra e o Céu? Deixe claro que as regiões sub e supralunar são regidas por leis diferentes.
19. Vá apresentando as esferas celestes aos poucos, pedindo sempre para os alunos dizerem qual será a próxima esfera. Deixe claro que as quatro primeiras esferas pertencem ao mundo sublunar, e as demais ao supralunar (com exceção da esfera da Lua, que divide os dois mundos). Enfatize a última esfera como primeiro motor, de origem divina. É ela a responsável pelo movimento das outras esferas e, seu atrito com a que fica logo abaixo gera o brilho das estrelas. Pergunte (antes de fazer aparecer a caixa de texto da parte superior do slide) qual seria a explicação de Aristóteles para o fato de não observarmos os quatro elementos do mundo sublunar dispostos em esferas concêntricas como idealizado por ele.
20. Enfatize a importância do éter na visão aristotélica (ele era mais que necessário, uma vez que o vácuo era inconcebível). Observe que até o início do século XX (dois mil anos depois de Aristóteles) os cientistas trabalhavam considerando a existência física do éter.
21. Observe que o círculo era o símbolo da perfeição para os gregos. Por esta forma geométrica não ter começo nem fim e porque todas as distâncias entre a borda e o centro serem iguais, os gregos simplesmente idolatravam o círculo. Como a palavra Kosmos tinha tal significado, nada melhor que círculos para representarem o mundo supralunar.

22. “Como consequência da idéia de *Kosmos*, e como a Terra não era perfeitamente esférica (sendo portanto imperfeita), chegando até perto da Lua, havia mudança, morte e decomposição”. Enfatize mais uma vez a diferença entre o mundo sublunar (imperfeito) e o supralunar (perfeito). Por que o mundo sublunar era considerado imperfeito?¹⁰⁸ Por que acima da esfera da Lua reinava a perfeição?¹⁰⁹ Eram essas idéias que condiziam muito com a Doutrina Católica.
23. Observe a grande coerência do sistema aristotélico. Alguns livros afirmam ser uma grande tolice este modelo de Universo e a Física de Aristóteles. Quando falam deste sistema, muitos desses livros acabam por desqualificá-lo. É sob o ponto de vista que temos hoje, desenvolvido por meio de conhecimentos científicos acumulados por milênios, que muitos autores falam de Aristóteles. É necessário nos transportarmos para dois mil anos atrás e adentrarmos à Filosofia grega para compartilharmos os pontos de vista de Aristóteles. Portanto, trata-se de uma teoria científica, coerente, eficaz e que influenciou profundamente o pensamento humano por cerca de dois mil anos.
24. Observe a influência da ciência na arte da dramaturgia.
25. Observe a ordem dos planetas e levante hipóteses com os alunos sobre como os antigos astrônomos acertaram a ordem dos planetas. Não se faz necessário chegar a uma resposta final, o assunto será discutido novamente em outros slides. Antes de seguir para o próximo slide, pergunte aos alunos: Se o sistema aristotélico era tão coerente, por que não o adotamos mais hoje?
26. Pergunte se os alunos se, quando observam o céu noturno, eles conseguem distinguir os planetas das estrelas. Esclareça que o significado de Planeta que em grego significa “vagabundo” (poderia ser “errante”, “que vaga” ou “que perambula”) já que os planetas parecem passear por entre as estrelas. Vistos daqui da Terra os planetas são parecidos com as estrelas, com a diferença que não cintilam, são mais brilhantes e se movem em relação a elas. Convide seus alunos a contemplarem o céu por várias noites seguidas para que consigam perceber essas mudanças do céu noturno. Faça a observação de que naquela época ainda não havia distinção entre astronomia e astrologia.
27. Ressalte a importância de Ptolomeu para a concepção de universo da época. Observe que o sistema de círculos foi aperfeiçoado por Ptolomeu, mas foi fruto da contribuição de muitos astrônomos.
28. Este slide, assim como os de nº 29 e 30, têm o objetivo de mostrar um problema da teoria geocêntrica: o movimento retrógrado dos planetas. É bom que este problema seja bem enfatizado, para que os artifícios utilizados por

¹⁰⁸ Porque havia mudança, morte, movimentos retos (considerados imperfeitos). Aristóteles se referia ao mundo sublunar como corruptível, que significava “sujeito a mudanças, imperfeito”.

¹⁰⁹ Porque era um mundo preenchido por uma substância perfeita (o éter), vigorava o movimento circular e não estava sujeito a mudanças. Era um mundo imutável e perfeito ou, como dizia Aristóteles, reinava a incorruptibilidade.

Ptolomeu (epiciclos e deferentes) para salvar as aparências sejam entendidos.

31. Enfatize o apego dos cientistas às suas teorias, afinal, ninguém quer ver a sua teoria sendo derrubada. Para não refutá-las, eles levantam hipóteses *ad hoc*, ou seja, artifícios que salvam a teoria.
32. Os slides que vão do nº 32 ao 37 têm como objetivo demonstrar como os epiciclos e deferentes explicavam o movimento retrógrado dos planetas.
38. Tanto este slide como o nº 39 tem o mesmo objetivo: dizer como os antigos identificavam os planetas e como determinavam a ordem desses a partir da Terra. Esclareça que os planetas de Mercúrio a Saturno são visíveis a olho nu da Terra. Eles são parecidos com as estrelas, porém aparecem de tempos em tempos, são mais brilhantes e a luz do sol refletida neles sofre menos efeitos da atmosfera, por isso eles não cintilam. Um exemplo de que os planetas aparecem numa mesma região do céu pode ser dado a partir da nossa visão dos planetas interiores. Mercúrio e Vênus só aparecem no horizonte, antes do nascer e após o pôr do Sol. Assim como estes planetas não aparecem em qualquer lugar, todos os outros também têm uma região do céu (em relação ao fundo de estrelas) para aparecer, ou seja, aparecem numa determinada constelação. Quando um planeta voltava a aparecer, como era visto na mesma posição de antes, os antigos astrônomos concluíram que se tratava do mesmo astro. Assim eles ganharam nomes que permanecem até hoje. Quanto maior o tempo para eles retornarem a suas posições, mais longe estariam da Terra fixa no centro. Assim os antigos astrônomos determinaram a ordem dos planetas a partir da Terra. Convide os alunos a refletirem sobre como eram pacientes esses cientistas da antiguidade, observando o céu a olho nu noites a fio. Assim, convide seus alunos, uma vez mais, a contemplarem o céu por várias noites e iniciarem sua paixão por esse tipo de atividade.
40. Ressalte como o universo aristotélico-ptolomaico ia ao encontro dos dogmas da Igreja Católica. As idéias de um universo com a Terra imperfeita (pecadora) ao centro e de um céu perfeito e imutável movido por uma força divina era um panorama que fechava com o que pregava a Igreja Católica. Daí o “apelo religioso” mencionado no slide.
41. Discuta com os alunos como a Renascença foi importante para o desenvolvimento das idéias de Copérnico. Lembre seus alunos que as novas idéias no campo da arte e da filosofia estimularam Copérnico a desenvolver seus trabalhos. Faça seus alunos refletirem sobre como o contexto, como nos mostra esse caso, influencia a ciência. Aproveite para chamar atenção que a religião também influencia a ciência. Pergunte a eles: O que mais pode influenciar o trabalho científico?
43. Os slides de 43 a 47 têm como objetivo explicar o movimento retrógrado dos planetas no modelo heliocêntrico. Chame atenção de seus alunos que esta explicação é aceita até hoje.

44. Seria interessante refazer a figura desse slide no quadro-negro. Através da construção do desenho no quadro, os alunos poderão entender melhor a explicação do movimento retrógrado dos planetas dentro do modelo copernicano (heliocêntrico).
48. Esse slide e os quatro seguintes trazem informações sobre os cuidados de Copérnico para escapar à perseguição da Igreja. Mostram também que apesar de ser um revolucionário, Copérnico era apegado à tradição. Essas informações são importantes para que os alunos possam perceber como a ciência é influenciada e construída sob essas forças.
49. Observe na figura da direita a comparação que Copérnico fez entre seu sistema e o ptolomáico. Veja o desenho dos epiciclos.
53. Desse slide até o de número 61 há informações biográficas sobre Tycho Brahe. Discuta com os alunos a sua habilidade de coletar dados. Ressalte que suas observações eram feitas a olho nu. A luneta do sextante (slide 58 e 59) era um tubo que servia apenas para mirar os astros, não tinha poder de ampliação. Assim sendo, os astros só podiam ser mapeados por suas posições angulares em relação ao horizonte. Se não fosse a precisão dessas observações, Kepler não teria chegado às suas Leis, pois ele não tinha a habilidade e paciência de Tycho para observar. No entanto, diferentemente de Tycho, ele tinha uma grande habilidade matemática. Aproveite para comentar com os alunos que muitas vezes o nome das descobertas vai para um cientista, mas a construção foi, na verdade, contribuição de vários cientistas. Kepler precisou das medidas de Tycho para construir suas leis, assim, talvez, fosse mais justo se elas se chamassem Leis de Kepler-Brahe.
55. Lembre aos alunos que a animação do meio (a Lua girando em torno da Terra) é apenas ilustrativa, não correspondendo à realidade, pois os alunos podem pensar que todos os dias deveria ocorrer eclipse solar.
57. Observe a figura do quadrante e veja seu tamanho em relação às pessoas. Estes instrumentos eram grandes, aumentando, assim, o grau de precisão das medidas.
62. Uma vez mais, ressalte as destrezas matemáticas e as debilidades físicas de Kepler. Sua visão era deficiente e por isso não conseguia observar os astros como o fazia Tycho.
63. O objetivo deste slide e dos demais, até o de número 84, é refletir sobre a construção da Física kepleriana. Ressalte a importância e as dificuldades de Kepler em romper com os antigos ideais platônicos de movimento circular dos astros, tomados como verdade por Aristóteles, por Ptolomeu e até por Copérnico. Discuta uma vez mais a importância da grande dupla Brahe e Kepler para o desenvolvimento da Astronomia. Sem as observações de Tycho ou sem a genial mente de Kepler, não teria havido a ruptura dos ideais platônicos do movimento circular e as Leis de Kepler não teriam sido desenvolvidas. Estas Leis foram indispensáveis para a formulação da Teoria

da Gravitação Universal de Newton, que possibilitou a colocação de um satélite em órbita.

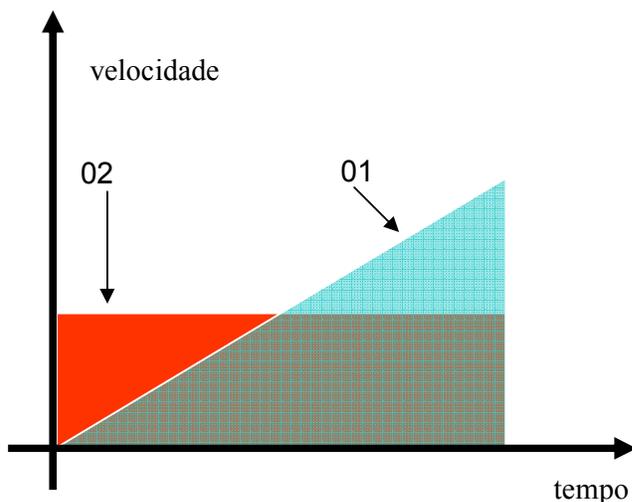
Sugestões para uso dos slides da Apresentação “3 – Como colocar um satélite em órbita – Galileu”

1. Os slides de 01 a 04 são introdutórios e tem como objetivo introduzir a Física galileiana. Enfatize o espírito curioso e investigador de Galileu, bem como sua opção pelo modelo copernicano (heliocentrista) do universo. É importante também ressaltar que, apesar de ser contemporâneo de Kepler, Galileu teve pouco contato com ele, e não reconheceu suas Leis. Uma vez mais, foi o trabalho de ambos que levou ao desenvolvimento da mecânica de Newton. Em outras palavras, sem os trabalhos de Galileu ou sem os de Kepler, Newton não teria construído a Lei da Gravitação Universal.
5. Convide os alunos a refletirem como se dá o movimento de um corpo em queda, procurando possíveis respostas para a experiência de queda da pedra na base da torre, apesar do movimento da Terra. Ressalte que esse exemplo da pedra caindo da Torre foi usado como argumento pelos defensores do geocentrismo. E, portanto, para defender o sistema de Copérnico, Galileu precisava criar uma física que justificasse os resultados desta experiência.
7. Estudando-se como Galileu chegou à Lei da Queda de Corpos usando os planos inclinados, podemos perceber algumas características da ciência moderna. A extrapolação dessas experiências (um plano inclinado ao extremo, ou seja, 90° é uma queda livre) e a idealização (a queda no vácuo) são pontos marcantes da ciência moderna que, como muitos historiadores acreditam, começou com Galileu.
8. Ressalte a genialidade de Galileu que não dispunha de instrumentos para medir o tempo. Lembre seus alunos que para medir o tempo ele usava a sua pulsação cardíaca (como se observa no filme do slide 38). A medida de tempo era um problema para Galileu resolver, a pulsação cardíaca era muito imprecisa. Assim, ele acaba chegando ao relógio de água, que lhe fornece medidas de tempo bem mais precisas, e formula a Lei da Queda de Corpos que vigora até hoje.
10. No trecho “Ele percebeu que o resultado para a queda dos corpos em um plano era o mesmo não importando qual a inclinação deste”, lembre aos alunos que o resultado a que se refere, é que a distância percorrida pela bola é sempre proporcional ao quadrado do tempo.
11. Relembre algumas concepções da Física aristotélica como a proporcionalidade entre peso e velocidade de queda¹¹⁰ dos corpos. A impossibilidade de existência do vácuo foi também outra concepção aristotélica com a qual Galileu não concordava. Essas rupturas foram

¹¹⁰ Segundo Aristóteles uma pedra cai porque o “elemento terra” predomina neste corpo, por isso ele retorna ao seu lugar natural. Quanto mais terra tiver nesta pedra, ou seja, quanto mais pesada ela for maior seu desejo de retornar ao seu lugar natural, por isso cai mais depressa.

fundamentais para o desenvolvimento de uma Física que “unisse o Céu e a Terra”, possibilitando no futuro a colocação de um satélite em órbita. Lembre que Físicos sempre procuram essas uniões, que no fundo, acabam sendo simplificações. Galileu tinha a convicção da simplicidade. Hoje os Físicos estão tentando chegar a uma lei para todos os quatro tipos de força postuladas como forças existentes na natureza.

13. Os slides 13, 14 e 15 trazem informações sobre a influência dos físicos medievais sobre os trabalhos de Galileu Galilei. A diferenciação entre o movimento uniforme e uniformemente variado (herança de Nicole Oresme) foi fundamental para Galileu. Antes de realizar as experiências com os planos inclinados, ele partiu do pressuposto de que as bolas rolavam com movimento uniformemente variado. Como já comentado, Galileu acreditava na simplicidade das leis da natureza, por isso considerou que os corpos caíam com o movimento mais simples possível, ou seja, com um movimento com aceleração **constante**. Na figura do slide 14 podemos observar (veja figura abaixo) que os triângulos têm a mesma área, ou seja, o triângulo 02 cabe exatamente no lugar do triângulo 01, transformando o triângulo maior num retângulo de mesma área. Assim pode-se concluir que a área inferior do gráfico ($v \times t$), para o movimento uniforme, e para o movimento uniformemente variado, com velocidade média igual à do movimento uniforme, são iguais. Isso quer dizer que ambos os corpos percorrem a mesma distância se viajarem em intervalos de tempos iguais. Este raciocínio é um pouco complexo para o aluno do ensino médio e talvez você tenha que recorrer a outras técnicas e métodos de ensino para explicar melhor.



17. Esse raciocínio de Galileu deu origem a duas leis muito importantes da Física: a Lei da Conservação da Energia Mecânica e a Lei da Inércia. Dentre elas, a segunda é a mais importante para nossos alunos neste momento, para compreenderem como se coloca um satélite em órbita. É importante ressaltar que a Lei da Inércia de Galileu recebeu a contribuição de René Descartes para chegar à forma aceita hoje. O equívoco de Galileu com relação à lei da

Inércia será discutido posteriormente. É preciso ressaltar que a idéia galileana foi fundamental para a criação de uma Física capaz de “unir o Céu e a Terra”. Este slide precisa ser bem compreendido, para que os alunos compreendam os seguintes.

29. Talvez a maior influência de Galileu, em sua época, se tenha dado por causa de suas observações astronômicas. Não foi Galileu o inventor do telescópio refrator, mas ele foi o primeiro a apontá-lo para o céu, ou seja, foi o primeiro a usá-lo para fins astronômicos. Relembre com os alunos um dos primeiros slides estudados (na primeira apresentação - Satélites). Se necessário retorne a este slide e reveja as luas de Júpiter observadas pela primeira vez por Galileu.
30. Galileu aperfeiçoou o telescópio e fez várias observações. Todas elas foram importantes, mas para este trabalho as observações das fases de Vênus têm uma importância especial, por isso o realce dessa informação no slide.
31. Esse slide e o de número 32 trazem informações sobre a importância das observações que Galileu fez das fases de Vênus. Essas observações não davam margem a outra interpretação que não o giro deste planeta em torno do Sol. Se Vênus apresenta fases é porque ele orbita o Sol e nós observamos tudo daqui da Terra. Essas conclusões golpearam duramente o, já desgastado, geocentrismo.
33. É necessário ressaltar aqui que existem outras versões para a condenação de Galileu, nós apresentamos apenas uma delas. Alguns historiadores acreditam que ele foi condenado não por acreditar no heliocentrismo, mas por achar que a Igreja Católica interpretou a Bíblia equivocadamente. Isso contrariava as decisões do Concílio de Trento. Outros historiadores acreditam que o processo contra Galileu não aconteceu por ele aderir a teoria copernicana, mas sua condenação se deveu ao fato de ele não acreditar na transformação de matéria. Em outras palavras, ele defendia que todas as modificações eram fruto da combinação de matérias pré-estabelecidas. Isso feria a um outro dogma católico, o da Santa Eucaristia que afirmava haver uma transformação do pão em corpo de Cristo¹¹¹.
36. Os versos “trinta quilômetros por segundo” (linha 05) e “na razão direta dos quadrados dos tempos” (linha 22) fazem referência à física galileana e podem não ser percebidos como tal pelos alunos. Realce estes versos e a ironia do poeta ao falar das autoridades eclesiásticas que condenaram Galileu.
38. Esse slide tem um filme sobre Galileu. Convide os alunos a observarem Galileu medindo o tempo de oscilação de um pêndulo com sua pulsação cardíaca. É importante também ressaltar o empenho de Galileu em aprender a fazer lentes para melhorar as dos fabricantes.
39. A partir deste slide e até o final dessa apresentação têm-se informações sobre a Física terrestre que explica os movimentos celestes, ou seja, a

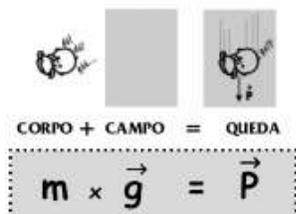
¹¹¹ CHASSOT, Attico. A ciência através dos tempos. 2º Ed. Ed Moderna. São Paulo, 2004. p. 149.

ciência que “uniu o Céu e a Terra” que na Física Aristotélica eram separados (mundo sublunar e supralunar). Para entender esta Física é importante entender o Princípio da Inércia e o conceito de gravidade. A combinação destes dois conceitos físicos explica o movimento oblíquo de um projétil e a órbita da Lua ou de um satélite artificial em torno da Terra. É importante observar que Galileu acreditava numa espécie de “Inércia Circular”. Para ele, se um corpo escorrega numa superfície sem atrito na Terra, dará, espontaneamente, a volta no planeta. Só a partir das idéias de René Descartes que surgiu o conceito de Inércia Linear que se mantém até hoje. Este conceito também é conhecido como Primeira Lei de Newton.

40. É importante lembrar que a Teoria do Ímpetus se desenvolveu com base na Teoria da força impressa de Hiparco (apresentação 02, slides 14 e 15).

Sugestões para uso dos slides da Apresentação “4 - Como colocar um satélite em órbita – Newton”

1. Nos primeiros slides, ressalte as influências que Newton sofreu. É bom falar sobre a vida e obra de um cientista, pois humaniza a ciência e a torna mais próxima dos interesses dos alunos¹¹². O estudante também percebe um pouco sobre a natureza da ciência e a reconhece como construção humana.
15. A figura que aparece por último nesse slide pode dar margem a confusão. É importante deixar claro que o termo “corpo” se relaciona com “m” (massa), “campo” se relaciona com “g” (aceleração da gravidade) e “queda” com “p” (peso). A possível confusão pode ocorrer devido ao sinal “+”, do termo *corpo* + *campo*, porque na expressão abaixo aparece uma multiplicação.



CORPO + CAMPO = QUEDA

$$m \times \vec{g} = \vec{P}$$

18. Ressalte que duas forças só se anulam se possuírem mesma intensidade, mesma direção, sentidos opostos e atuarem no mesmo corpo. As forças de ação e reação não preenchem o terceiro quesito, ou seja não atuam no mesmo corpo, portanto não se anulam.
19. Chame atenção dos alunos que a partir deste slide eles entenderão, finalmente, como se coloca um satélite em órbita e a simplicidade dessa idéia genial.
23. Chame atenção para a figura que aparece no pensamento de Newton. A partir desta animação, pode-se entender o movimento dos satélites.

¹¹² MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez. 1995.

32. A dedução desta famosa equação (Lei da Gravitação newtoniana) pode não ser simples para estudantes do Ensino Médio, porém requer uma matemática acessível a tais alunos. Vejamos agora uma dedução¹¹³:

Para um planeta de massa m , movendo-se aproximadamente em um círculo de raio r em torno do Sol, com velocidade v , há uma força F cujo valor é:

$$F = ma = m \cdot v^2/r$$

Se T é o período, ou tempo que o planeta leva para descrever um arco de 360° , então durante o tempo T ele percorre uma vez a circunferência de raio r e comprimento $2\pi r$. Portanto, a velocidade v é $2\pi r/T$, e:

$$F = ma = mv^2 \cdot 1/r = m (2\pi r/T)^2 \cdot 1/r = m \cdot (4\pi^2 r^2/T^2) \cdot 1/r$$

$$F = m \cdot (4\pi^2 r^2/T^2) \cdot 1/r \cdot r/r^* = 4\pi^2 m \cdot r^3/T^2 \cdot r^2 = (4\pi^2 m/r^2) \cdot (r^3/T^2)$$

Como, pela Terceira Lei de Kepler, r^3/T^2 tem o mesmo valor K para qualquer planeta do Sistema Solar:

$$F = (4\pi^2 m/r^2) \cdot K = 4\pi^2 \cdot K \cdot m/r^2$$

O raio r da órbita circular corresponde na realidade a D , distância média de um planeta ao Sol. Portanto, para qualquer planeta, a força que o mantém em órbita é:

$$F = 4\pi^2 \cdot K \cdot m/D^2$$

Até aí podem a Matemática e a Lógica conduzir um homem de superior grandeza de espírito, mas Newton foi além. Ele escreveu a equação acima de outra forma:

$$F = (4\pi^2 \cdot K/M_s) \cdot M_s m/D^2, \text{ onde } M_s \text{ é a massa do Sol}$$

A quantidade $4\pi^2 \cdot K/M_s = G$, ou seja, a Constante de Gravitação Universal, e a Lei

$$F = G \cdot M_s m/D^2$$

não tem sua aplicação limitada à ação entre o Sol e um planeta, mas se aplica a cada par de objetos no universo, tornado as massas M_s e m em m_1 e m_2 :

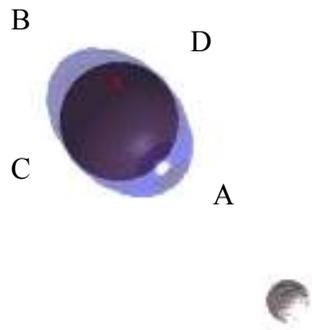
$$F = G \cdot m_1 m_2/D^2$$

¹¹³ Extraída de: COHEN, Bernard. **O nascimento de uma nova física: De Copérnico a Newton**. São Paulo: Editora EDART, 1967.

* Esta quantidade r/r é apenas um artifício matemático de valor 1, inserido apenas para viabilizar a operação.

Acrescentar a massa do Sol, como fez Newton, foi uma atitude ousada. Não há matemática – seja Álgebra, Geometria ou Cálculo Diferencial ou Integral – que justifique este passo audacioso. G é uma constante universal pelo fato de que, na forma em que Newton a descobriu, foi baseada em elementos do nosso Sistema Solar. Evidentemente, o ato de dividir a constante de Kepler pela massa do corpo central, ao redor do qual os astros fazem suas revoluções, elimina quaisquer aspectos especiais de qualquer sistema particular.

36. Discuta sobre o que são marés e colher dos alunos possíveis respostas sobre as causas desse fenômeno. Se não souberem a resposta certa, a última figura dá uma dica.
37. Observe que a maré alta ocorre na direção da Lua, de um lado e de outro da Terra. Como a força gravitacional decresce com o quadrado da distância, temos na superfície do oceano da região “A” (veja figura abaixo) uma força de atração maior que no fundo. Desta forma, a superfície é puxada para fora (em relação ao centro da Terra) que o fundo, fazendo a maré subir. Na região “B” observa-se também maré alta, pois a superfície é puxada para dentro com força de **menor** intensidade que o fundo. Como a superfície está menos comprimida, tende a ficar mais alta. Nas regiões “C” e “D”, que não estão alinhadas com a Lua, observa-se maré baixa (talvez neste momento um bom recurso a ser usado na explicação seria quadro negro e giz). A subida das marés também é influenciada pelos efeitos gravitacionais do Sol, porém são menos significativos que os da Lua.



38. Lembre que o movimento curvo dos projéteis, da Lua e dos satélites artificiais é uma combinação da inércia com atração gravitacional. Se esta última deixar de existir (o que é improvável!) a 1ª Lei de Newton (a Lei da Inércia) “assume os controles”. Pergunte aos seus alunos: O que aconteceria com a Lua se a força da gravidade da Terra “acabasse”?
39. Discuta com os alunos a diferença do conceito de “cair” para o senso comum e para a Física (talvez fosse uma boa ocasião para se discutir as diferenças entre a ciência e o senso comum). Cientificamente o conceito de “queda de um corpo” não está necessariamente associado à chegada ao solo, como no senso comum, mas a uma atração gravitacional.

41. Pergunte aos alunos se já viram, em um jornal ou em outras fontes, que “os astronautas estão dentro da nave, no espaço onde **não há gravidade**”. Pergunte se concordam com o isso. Comente com os alunos que os meios de comunicação, por desinformação ou por tentar simplificar a linguagem científica para os leigos, acabam incorrendo em erros.
42. Peça que os alunos coloquem um objeto (pode ser um livro) na palma da mão aberta e a abaixe rapidamente. O que aconteceu com a força de contato quando a mão estava acelerando para baixo? A sensação de contato aumentou ou diminuiu?
54. Peça para os alunos fazerem dinamômetros com essas molas de cadernos velhos (podem ser até as de plástico). Convide-os a observarem que se torna impossível medir o peso de um corpo com um dinamômetro em condições de movimento. Como fazer para medir a massa de um corpo em um ambiente de microgravidade, já que as balanças falham? Discutir com os alunos os conceitos de massa gravitacional e massa inercial. Chamar atenção que a determinação da massa de um corpo neste ambiente é feita usando-se a segunda lei de Newton, aplicando-se ao corpo uma força conhecida e medido-se sua aceleração.
61. Compare a idéia de universo que temos hoje com o que se tínhamos nas épocas de Aristóteles, Ptolomeu e Copérnico. Para que uma galáxia se mantenha coesa, seria necessário que ela possuísse uma massa pelo menos dez vezes maior que a observada. Para explicar o fato das galáxias não se desfazerem, os astrofísicos “criaram” a “matéria escura”, ou seja, formularam uma hipótese para “salvar” a mecânica newtoniana do problema da insuficiente massa observada das galáxias. É interessante observar que criar hipóteses para “salvar uma teoria” não é privilégio somente de Ptolomeu, como foi visto. Há, nos dias de hoje, cientistas que não acreditam na matéria escura. Para eles a mecânica newtoniana não se aplica da mesma forma nas distâncias galácticas como se aplica ao espaço de um sistema planetário. Apesar de esses cientistas serem contra a “matéria escura”, ela ainda faz parte do que chamamos “ciência oficial” (ou do paradigma vigente) até que seja derrubada com bons argumentos.
65. Relembre as teorias de Aristóteles e de Hiparco (CD 01, apresentação 02, slides 13 e 14) para a explicação do movimento se manter, mesmo após cessada a causa. Pergunte aos alunos qual a explicação de Galileu para isso. Discuta os prós e contras de cada explicação.
70. Deste slide em diante é importante uma construção vetorial da velocidade¹¹⁴. Seria bom que o aluno adquirisse o conhecimento vetorial de um móvel fazendo uma curva, ou seja, adquira o conhecimento vetorial de velocidade, que no caso é tangente à trajetória.

¹¹⁴ Para introduzir a idéia de grandezas vetoriais sugere-se que o professor comece a trabalhar na sala de aula com mapas e mostre em mapas como é o vetor distância e fazer os alunos trabalharem com soma e subtração de vetores. Os mapas são ótimos materiais didáticos para se trabalhar com vetores.

71. É importante que os alunos percebam a analogia entre a tensão na corda e a força gravitacional.
73. Explique as variáveis da equação da força centrípeta e cite outros exemplos como a curva feita por um carro em movimento. Neste caso, o atrito faz o papel de força centrípeta. No caso de um motoqueiro no globo da morte é a força Normal. Chame atenção dos alunos que a força centrípeta no caso do movimento da Lua em torno da Terra, é a atração gravitacional.
75. Os detalhes destes cálculos podem ser feitos pelos alunos com a ajuda do professor.

CD 02

Sugestões para uso dos slides da Apresentação “5 - Contexto histórico da invenção dos satélites”

Esta apresentação é única no CD – 02. Ela tem como objetivo galgar sobre o contexto histórico em que os satélites foram inventados, ou seja, apresentar ao aluno a Corrida Espacial que se travou durante a Guerra Fria. Para que o aluno perceba o que influenciou este acontecimento, a apresentação é iniciada com a Revolução Russa que dividiu o mundo em comunistas e capitalistas. Entre essa revolução (que ocorreu concomitantemente com a Primeira Guerra Mundial) e a Guerra Fria será apresentada a Segunda Guerra Mundial. Pode-se dividir a apresentação 05 em quatro momentos: Revolução Russa (slides de 5 a 24), Primeira Grande Guerra (de 13 a 15 e de 25 a 29)¹¹⁵, Segunda Guerra Mundial (58 a 104) e Guerra Fria (107 a 201). Conhecer a ascensão e queda de Hitler (Slides de 30 a 57) é fundamental para o entendimento de como se chegou ao lançamento de satélites. Toda a nossa abordagem da Corrida Espacial, inclusive com os primeiros lançamentos de satélites, está na parte que apresenta a Guerra Fria (slides de 107 a 201).

5. Ressalte a importância da Revolução Russa na divisão do mundo em comunistas e capitalistas. O comunismo como sistema de governo não existia antes desse acontecimento. Foi a Rússia a primeira nação comunista da história, apesar do capitalismo já ser conclamado pelo mundo. Sempre tenha em mente nosso tema principal: satélites. É para se conhecer e entender como essa tecnologia acaba sendo construída que foram planejados estes dois CDs. É bom lembrar os alunos que foi a Revolução Russa que conduziu o mundo para uma Guerra Fria.
12. A gravura do slide é sobre a libertação dos servos. Para que ela não fique fora do contexto, chame a atenção dos alunos que a servidão na Rússia czarista era uma semi-escravidão. Os donos da terra exploravam seus servos e eles, por sua vez, trabalhavam duro e não recebiam o suficiente para sua

¹¹⁵ Estes números de slides são aproximados. Como a Primeira Guerra Mundial e a Revolução Russa estão interligadas, é difícil saber exatamente em qual slide começa ou termina a explanação destes acontecimentos.

sobrevivência. Trata-se então de uma gravura que expressa um acontecimento da Rússia czarista, que não deixou de influenciar na revolução Russa.

20. Ressaltar que, após a Revolução de novembro, os revolucionários prenderam e mataram o czar e toda sua família.
21. Observar que, após a Revolução, Lênin consagrou-se como presidente russo. Trotski tornou-se seu “braço direito” e possível sucessor. Stálin, como líder do Partido Comunista Russo, tinha em mãos o poder político. Com a morte de Lênin, Stálin passou a usar todo seu poder para se tornar presidente. De posse do cargo, ele começou a perseguir Trotski. Stalin considerava Trotski uma ameaça a seu poder. Muito tempo depois, após fugir e se esconder em vários países, Trotski é assassinado no México a golpes de picareta, por um agente russo da KGB a mando de Stálin.
43. A formação do Estado Alemão e o desenvolvimento científico e tecnológico desta nação, tiveram grande influência no desenvolvimento dos satélites. Com o fim da Segunda Guerra Mundial, Estados Unidos e Rússia “herdaram” boa parte da ciência e da tecnologia alemã, utilizando-as para vários fins, dentre esses o desenvolvimento de satélites e de veículos lançadores.
49. A ciência básica e a aplicada não são neutras. Um bom exemplo disso é o projeto Manhattan. O desenvolvimento da ciência e da tecnologia nuclear, no final da Segunda Grande Guerra, foi financiado pelos Estados Unidos com objetivo de desenvolver a bomba atômica.
62. Ressaltar que o desenvolvimento científico e tecnológico, que possibilitou a invenção dos satélites e dos veículos lançadores, teve participação de trabalho escravo. Discuta um pouco com os alunos sobre a ética na ciência.
64. Neste filme (O Grande Ditador), Chaplin ridiculariza Hitler e o nazismo.
85. Observe que a invenção dos mísseis balísticos pelos alemães teve uma importância crucial no desenvolvimento dos VLS (veículos lançadores de satélites). O primeiro VLS norte-americano era um míssil V-2 modificado.
131. Clicar no símbolo do auto-falante para ouvir o som do Sputnik – 1. Lembrar que este “bip” emitido pelo satélite servia para os cientistas em terra medirem sua velocidade através do efeito doppler.
134. Lembrar que Max Gehringer errou na comparação do tamanho do Sputnik. Este satélite era maior que uma bola de futebol. Talvez uma bola de praia ou uma melancia grande seriam mais adequados para comparações. Para se ter uma idéia, veja o Sputnik próximo a uma pessoa no slide 130.
178. A Guerra Fria também influenciou o Brasil, porém optamos por não falar muito sobre isso nesse trabalho. A “Apresentação 05” já é bastante extensa sem nos atermos à questão brasileira e, se fizéssemos isso, iríamos desviar do tema deste trabalho.

202. Este slide e o próximo fazem uma revisão das principais idéias dos conteúdos dos dois CDs. Esta revisão encontra-se numa ordem inversa à apresentada no material. Discuta com os alunos tentando lembrar outras idéias importantes que não foram apresentadas nesta revisão. Discuta sobre alguns detalhes que os alunos gostariam de lembrar e se preciso reveja algumas partes.

APÊNDICE D

Slides

Slides da apresentação 1 - Satélites
CD – 01


UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA

**MÓDULO DE ENSINO DE MECÂNICA
NEWTONIANA COM USO DE
ABORDAGEM CTS - HISTÓRICA**

Produto final apresentado à Comissão Examinadora do Curso de Pós Graduação em
 Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, como exigência parcial para
 obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, sob a orientação da Professora
 Dr Erika Zimmermann.

RÓBER CARLOS BARBOSA DUARTE

BRASÍLIA, 2006

1




Satélites

Você sabe o que é um satélite?



3

Clique no ícone e ouça a narração



Satélites são corpos celestes que giram ao redor de outro corpo maior, ou seja, são corpos que orbitam em torno de um outro corpo celeste. Um exemplo de satélite é a Lua, pois ela gira ao redor da Terra.

Você conhece algum outro exemplo de satélite?

4

Os satélites (luas) de Júpiter



Um dos primeiros homens a descobrir a existência de outros satélites naturais, que não a Lua, foi Galileu Galilei em 1610, usando uma das primeiras lunetas conhecidas. Ele observou quatro dos inúmeros satélites naturais de Júpiter, Ganimedes, Io, Europa e Calisto.

Júpiter e suas luas. Essas quatro luas são as maiores das, pelo menos, 63 satélites de Júpiter. As luas de Júpiter são muito grandes. Ganimedes é maior que Mercúrio. Júpiter é composto praticamente de hidrogênio e hélio, mas suas luas são compostas de rocha e gelo.
www.sciencephoto.com



Júpiter com suas quatro luas vistas por Galileu
www.sciencephoto.com

5

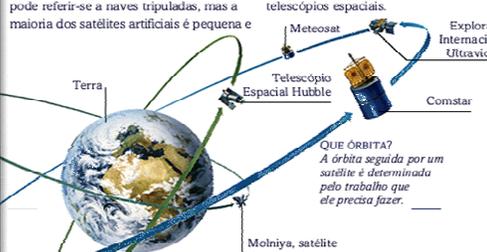
Você sabe para que servem os satélites artificiais?




6

O QUE É UM SATÉLITE?

UM SATÉLITE é um objeto que está em **órbita** em torno de outro objeto. Uma nave em torno de um planeta ou satélite é um satélite artificial. O termo pode referir-se a naves tripuladas, mas a maioria dos satélites artificiais é pequena e transporta apenas instrumentos. Todos têm os mesmos componentes básicos, mas são usados para fins diferentes. Vão de satélites meteorológicos e de comunicações a telescópios espaciais.



QUE ÓRBITA?
A órbita seguida por um satélite é determinada pelo trabalho que ele precisa fazer.

Molniya, satélite de comunicações

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM); Extraído de Filho, 2005



O avanço da tecnologia levou o homem a colocar em órbita satélites artificiais, como são os de comunicação que nos mandam imagens de TV, por exemplo. Hoje em dia temos muitos satélites artificiais orbitando a Terra com a missão de receber e enviar mensagens.



Satélite de Comunicação – Science Photo Library - Trabalho de arte de um satélite geostacionário. Esse tipo de satélite de comunicação orbita a Terra a uma distância de 35.900 km.

7



Clique na figura acima e veja o monitoramento da Terra por um satélite de órbita polar (Extraído de: Petrónio Noronha de Souza - Módulo 1: AFB - Escola).



Imagem da Terra coberta de nuvens, tirada pelo satélite GOES-7 em 11 de julho de 1991. Neste dia ocorreu um eclipse solar e a área escura à esquerda corresponde à sombra da Lua projetada sobre a Terra.

<http://www.sciencephoto.com/images/imagePopUpDetails.html>¹⁰

Devido a suas funções, os satélites podem ser classificados como:

- **Satélites Astronômicos**
- **de Comunicação**
- **Meteorológicos**
- **Militares**
- **de Navegação**
- **de Levantamento de Recursos Terrestres**

SATÉLITES ASTRONÔMICOS

OS SATÉLITES astronômicos fornecem informações sobre o espaço que não podem ser obtidas da Terra. Estudam o campo magnético da Terra, seus cinturões de radiação e o vento solar. Detectam a radiação de estrelas e galáxias distantes, incluindo **raios gama e ultravioleta, raios X e radiação infravermelha**. Com frequência, obtêm informações sobre objetos como **quasares, nuvens de gás invisíveis, buracos negros** e o resto de explosões de estrelas.

PIONEER 4
Esse satélite forneceu dados valiosos sobre os níveis de radiação das cinturões de Van Allen, em torno da Terra, em 1959.

SATÉLITE DE INFRAVERMELHOS
O satélite IRAS foi lançado em 1983 para procurar fontes de radiação infravermelha.

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM) - Extraído de Filho, 2005

Exemplos de Satélites Astronômicos

Telescópio Newton (trabalho de arte). É um telescópio da Agência Espacial Europeia e opera para estudar fenômenos de alta energia como supernovas e buracos negros.
<http://www.sciencephoto.com/images/imagePopUpDetails.html>

TELESCÓPIO ESPACIAL HUBBLE

Em 24 de abril de 1990, o Telescópio Espacial Hubble foi colocado em órbita a 600 km da Terra. O telescópio tem um espelho de 2,4 m de diâmetro. Inicialmente, as imagens do Hubble não foram boas razões, pois havia um defeito no espelho. O telescópio, agora, já foi consertado.

Hubble
www.nasa.gov/mission/main/hubble/csm

SATÉLITES DE COMUNICAÇÕES

SINAIS DO ESPAÇO
Os satélites podem enviar sinais diretamente ou através de outro satélite.

QUASE TODOS os satélites de comunicações ficam em **órbitas geoestacionárias**. Estações na superfície enviam sinais de telefone e TV para o satélite, que os retransmite para outras estações. Os satélites podem enviar sinais para um continente inteiro ou apenas para áreas determinadas. Satélites de retransmissão enviam sinais de TV para antenas domésticas ou para aparelhos ligados por cabo a receptores maiores.

Satélite retransmite sinal

Estação terrestre envia sinal

Estação terrestre recebe sinal

Satélite envia sinal para o solo

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM) - Extraído de Filho, 2005

Fig. 1: Exemplo de aplicação de satélite de telecomunicação para comunicação ponto-a-ponto.

Satélite Geoestacionário

Terra de Referência

Como é impossível para as ondas de telecomunicação contornarem, por si só a curvatura da Terra, precisamos dos satélites para enviarmos e recebermos mensagens de longas distâncias.

TelStar

77 kg, 0,88cm de diâmetro

A primeira transmissão de TV ocorreu no dia 11 de julho de 1962 entre os EUA e a França, através do satélite TelStar (Filho, 2005).

SATÉLITES METEOROLÓGICOS

HÁ DOIS TIPOS de satélites meteorológicos, os de **órbita geostacionária**, que observam constantemente cerca de um terço da Terra, e os de **órbita polar**, que conseguem cobrir toda a superfície uma vez a cada 12 horas. Os satélites meteorológicos medem temperaturas, registram velocidades do vento e movimentos das nuvens e fotografam nuvens de chuva, ajudando os meteorologistas a prever o tempo.



FORMAÇÃO DE TEMPESTADES
Esta imagem de satélite mostra tempestades sobre a Costa do Marfim, na África Ocidental.

OBSERVANDO O TEMPO
O satélite meteorológico russo Meteor fica em órbita polar. O Meteosat, europeu, fica em órbita geostacionária.

Fonte: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM); Extraído de Filho, 2005



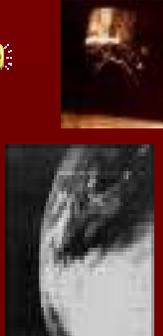
Órbita geostacionária Órbita polar

Clique nos quadros acima e veja uma animação de satélites em órbita geostacionária e órbita polar.

(Extraído de: Petrólio Noronha de Souza (Módulo 1 – AEB Escola)

Satélite Tiros

- É um satélite meteorológico.
- Objetivava testar e provar o uso de satélites para previsão de tempo.
- Foi desenvolvido pela NASA e lançado em 01/04/1960.
- Operou por 78 dias.
- Tinha 1 metro de diâmetro e 0,5 metro de altura.
- Sua massa era cerca de 120 kg.
- Estrutura feita de alumínio e aço inox.
- Coberto com 9200 células solares.
- Transmitiu 22.952 fotografias. (Filho, 2005)



19

SATÉLITES MILITARES

SATÉLITES SÃO PLATAFORMAS ideais para missões de espionagem. Alguns levam câmeras poderosas para registrar posições de tropas e movimentos de tropas. Satélites de alerta antecipado procuram possíveis lançamentos de mísseis inimigos. Outros gravam comunicações. Os satélites espíões, porém, podem ser atacados por mísseis lançados da terra ou por satélites assassinos, que destroem outros satélites com raios laser ou explodindo nas suas proximidades.



ALERTA
Satélites militares dos EUA detectam mísseis inimigos a partir de órbitas geostacionárias.

ORIENTAÇÃO
Os satélites ajudaram a orientar bombas na Guerra do Golfo Pérsico.

Fonte: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM); Extraído de Filho, 2005

Espionagem

Satélite Ikonos



Exemplo de aplicação militar de satélites. Fonte: spaceimaging.com

Foto tirada pelo satélite Ikonos II, em 22 agosto de 2003

21

Se você acha que os satélites espíões só têm funções militares, leia a reportagem a seguir e descubra para que mais eles servem.



Satélites militares e civis circundam a órbita da Terra
<http://www.comciencia.br/reportagens/guerra/guerra04.htm>



Imagem da floresta Amazônica captada por satélite
<http://www.comciencia.br/reportagens/guerra/guerra04.htm>

Satélite Ikonos, com exploração civil e militar
<http://www.comciencia.br/reportagens/guerra/guerra04.htm>

22

De Saddam aos laranjais

Satélite usado no Irã para espionar plantação brasileira

João Maranhão Figueira

Um satélite brasileiro foi usado para espionar a agricultura no Irã, segundo um relatório divulgado pelo governo brasileiro em uma conferência internacional em Washington, nos Estados Unidos, em 2003. O relatório diz que o satélite foi usado para fotografar áreas de cultivo de arroz e milho no Irã, em áreas próximas ao rio Tigris. O relatório também menciona que o satélite foi usado para fotografar áreas de cultivo de arroz e milho no Irã, em áreas próximas ao rio Tigris.

Fonte: O Globo, 31 de julho de 2003, extraído de Filho, 2005



(Extraído de Filho, 2005)

SATÉLITES DE NAVEGAÇÃO

UMA REDE DE satélites de navegação mundial permite que uma pessoa determine sua posição com erro de poucos metros. O sistema americano de posicionamento global Navstar usa 24 satélites. Cada um transmite sua posição e hora. Na superfície, o receptor usa os sinais de quatro satélites para calcular sua própria posição, altura e velocidade. Desenvolvido para uso militar, o sistema hoje também pode ser usado por veículos comerciais.

Satélite

Os satélites emitem sinais

Avião recebe os sinais

A estação terrestre entra em contato com os satélites diariamente

GRANDE PRECISÃO
O receptor se comunica com os satélites para determinar sua posição

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM); Extraído de Filho, 2005

Lançamentos de satélites de navegação e Posicionamento Global

A União Européia (UE) lançou em 28/12/2005 seu primeiro satélite de navegação "Galileo" como parte de um programa que deve concorrer com o Sistema de Posicionamento Global (GPS), criado pelo Estados Unidos.

<http://www.uei.com.br/dito/News/449683DFFTEMID14F33A8C85E34EC1A5E86E17ED4313PTBRIL.htm>

Foguetes Delta II de dois estágios são tipicamente utilizados para colocar naves espaciais em baixa altitude, como satélites de posicionamento global (Global Positioning System, GPS). O foguete Delta II sendo lançado do Cabo Canaveral transportando o satélite Swift.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Foguete_Delta_II

SATÉLITES DE LEVANTAMENTO DE RECURSOS TERRESTRES

OS SATÉLITES DE LEVANTAMENTO DE RECURSOS TERRESTRES estudam as condições da superfície do planeta. Voando em órbitas próximas à polar, observam toda a Terra regularmente. Fornecem dados para confecção de mapas, pesquisas geológicas, mineração e exploração de petróleo. Registram colheitas, locais onde as plantas crescem menos e áreas atingidas por pestes como gafanhotos. Detectam vazamentos de petróleo, incêndios florestais, destruição de florestas tropicais e poluição no ar e no mar.

MAPA MOSAICO
Este mosaico de costa a costa dos EUA foi feito a partir de 569 imagens transmitidas pelo Landsat.

Antena

Scanner de mapeamento

Painel solar

LANDSAT 5
Os satélites Landsat (EUA) completam todos os dias 15 órbitas em torno da Terra a uma altitude de 705 km

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM); Extraído de Filho, 2005

A observação da terra é chamada pelos técnicos de sensoriamento remoto.

Queimada vista por satélite
http://www.enfitec.in.br/asa/evs/evs_kids/misra/kyimisar_sky.shtml

A plataforma P-7 está situada na Baía de Campos, litoral norte do estado do Rio de Janeiro. O vazamento de óleo da P-7 ocorreu no dia 12 de abril de 2001. O Centro de Sensoriamento Remoto da COPPE/UFRJ, em parceria com o IBAMA, ANP e MARINHA DO BRASIL, solicitou a programação do satélite canadense RADARSAT-1 para a aquisição de imagens de radar sobre a área do acidente.

<http://www2.ibama.gov.br/evs/infra/Acidentes.htm>



Resumo: CTTI
Linha: 11/04/2008
Largura: 1000x1000
Este é o primeiro documento de trabalho sobre o sistema de imagens de satélite de alta resolução de 2000. O documento é destinado aos pesquisadores, estudantes e profissionais interessados. Assim, o objetivo é proporcionar às pessoas interessadas. Na parte final são fornecidas informações sobre a área de pesquisa em sensoriamento remoto.

30

stc.com

Clique na figura ao lado e observe os mais de 500 satélites em órbita na Terra

Com vários tipos e funções, velocidades e trajetórias, existem hoje quase 500 satélites em órbita da Terra. Em noites claras você é capaz de enxergar os que estão mais próximos de nosso planeta.

31

Na área da meteorologia os satélites podem, por exemplo, auxiliar-nos a fazer a previsão do tempo e do clima de forma bem mais precisa do que as que eram feitas antes dessa tecnologia.

<http://globo.com/mcst/pt/noticias/tema/Instrumentos/Satelite.htm>

<http://www.inmet.gov.br/inmssatelite/index3.php?tipo=ast&titulo=América%20do%20Sul%20Infravermelho>

32

Na área das telecomunicações, os satélites são usados como retransmissores de imagens de TV (o que chamamos de imagens via satélite) para assistirmos "ao vivo", por exemplo, a copa do mundo de futebol, de maneira bem mais eficiente do que era feita antes da existência dos satélites.



http://otocystem.mct.gov.br/index.php?action=conte%3Bvisao&cod_objeto=9212

33



Daqui por diante, sempre que falarmos em satélites, estaremos nos referindo aos artificiais.



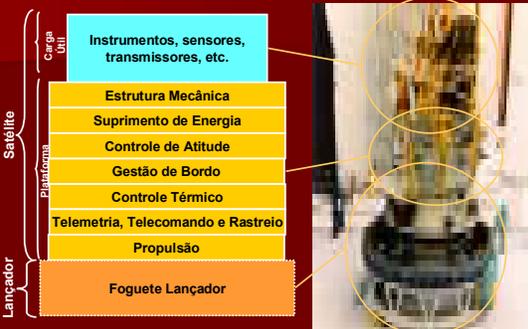
34

OS SATÉLITES E SEUS SUBSISTEMAS



35

Quais são as partes de um satélite?



FONTE: Satélites e Plataformas Espaciais – Dr. Petrônio Noronha de Souza (Módulo I – AEB Escola)

Estrutura de um satélite



Agora você vai ver uma simulação de um satélite, com suas diferentes partes, sendo colocado em órbita.

37



(Extraído de Filho, 2005)

Suprimento de Energia



39

(Extraído de Filho, 2005)

Suprimento de Energia

- O suprimento de energia é o responsável pela geração, armazenamento, condicionamento e distribuição de energia elétrica para todos os subsistemas do satélite.
- Geralmente, neste suprimento a energia elétrica é obtida pela conversão de energia solar através dos painéis solares. A tecnologia de conversão de energia solar em energia elétrica teve grande avanço graças à necessidade de se suprir os satélites artificiais com energia. Essa tecnologia é também utilizada aqui na Terra com objetivo de aquecimento e obtenção de energia elétrica para residências.



- Existem ainda outras formas de se obter energia tais como "pilhas nucleares" ou células combustíveis de hidrogênio.

40



Agora precisamos saber como é que se colocam essas máquinas para girar em volta da Terra. Para isso, precisamos entender um pouco mais sobre a física que governa o movimento dos satélites.



41



Para começar a entender sobre a Física que governa o movimento dos satélites, abra o arquivo:

" 2 – Como colocar um satélite em órbita – de Aristóteles a Kepler"
e confira!



42

**Slides da apresentação 2 - Como colocar
um satélite em órbita - de Aristóteles a
Kepler
CD – 01**



Você sabe como se coloca um satélite em órbita?



Como se coloca um satélite em órbita?



Foto: <http://www.nasa.gov/content/marsball/home.html> Animação: <http://geocities.yahoo.com.br/atleto04of/arquivos/ocpgravidade.htm>

- A idéia de se colocar um corpo orbitando a Terra já foi pensada há muito tempo por um homem chamado Isaac Newton.
- Para se colocar um satélite em órbita é necessário vencer o obstáculo da gravidade terrestre que nunca deixa de exercer sua influência e Newton sabia disso.



Foto: <http://www.gravidade.hogrefe.com.br/>

Acredito que todos já ouviram falar de Newton. Existe uma lenda de que ele postulou a Lei da Gravitação Universal nos anos da peste negra, no jardim de sua casa na cidade de Woolsthorpe, na Inglaterra, quando uma maçã lhe caiu sobre a cabeça.




Casa em que Newton viveu, em Woolsthorpe
<http://www.visitwoolsthorpe.org.uk/Pages/Welcome.aspx?nodeid=20>
<http://open10.phys.utk.edu/astr161/lect/history/newtongrav.html>



- Saibam que os satélites artificiais que orbitam a Terra estão sujeitos às mesmas leis da Física que descrevem os movimentos dos outros corpos celestes.
- Para que se entendam essas leis seria interessante voltarmos um pouco mais no tempo, antes mesmo da época em que Newton viveu.
- Vamos, portanto, dar um passeio pela antiga Grécia, 300 anos antes de Cristo. Para isso tentemos responder à pergunta:

Você realmente acredita que a Terra gira em torno do Sol? Mas o que nós vemos não é o contrário, o Sol girando em volta da Terra?



O nascer e o Pôr-do-sol
<http://ic.fotos.com.br/publish/ass/diarios/2004/pla?SID=&IID=&ID=33>

- Refleta mais um pouco: o Sol nasce de um lado da Terra e se põe do outro, o mesmo acontece com a Lua, as estrelas e com a maioria dos astros que vemos no céu.
- Pense e tente argumentar em favor da Terra girando ao redor do Sol. Você teria algum argumento convincente de que é a Terra que gira ao redor do Sol?



Foto do céu estrelado com 30 minutos de exposição. Observe que, assim como o Sol e a Lua, as estrelas também desenvolvem um aparente movimento em torno da Terra.
http://www.fotosocci.astrodatabase.net/b2/guest/gallery.php?yccw=Estrelas_e_Constelacoes/fixa_0001.jpg

Aristóteles



- Aristóteles, filósofo Grego que viveu três séculos antes de Cristo, não concordava com a idéia de que a Terra gira ao redor do Sol.
- Este filósofo acreditava num Cosmo geocêntrico, ou seja, para ele a Terra ficava no centro do universo e todos os outros corpos celestes giravam ao redor dela, o que parece fechar com nossas observações diárias.
- O prefixo *geo* significa Terra, portanto Cosmo geocêntrico quer dizer a Terra no centro do universo.



Cosmo Geocêntrico.
<http://educar.sc.usp.br/fisicamovgrav.html>

Visão de Mundo de Aristóteles

- Para Aristóteles, a matéria era constituída por quatro elementos: terra, água, ar e fogo. Cada um deles tinha o seu "lugar natural": a terra ficava no centro do universo coberta pela água que era mais leve; depois vinha o ar e finalmente o fogo, tudo em esferas ascendentes.
- O movimento denominado *natural* era devido ao retorno dos elementos aos seus lugares naturais. Portanto, os corpos pesados caíam, ao passo que bolhas de ar dentro da água subiam, assim como a fumaça subia, isso significava que tudo procurava seu "lugar natural".




<http://www.gimnasia.com.pt/>
<http://geocities.yahoo.com.br/salafisica9/biografias/aristoteles.htm>

Por que a pedra cai e o fogo sobe?

Estou voltando para meu lugar natural!

Eu também!

Eu também!

Visão de Mundo de Aristóteles

- Os outros movimentos, como por exemplo quando se levanta algo do chão, são "movimentos violentos", exigindo causa. Por isso que um carro de bois não poderia se movimentar sozinho, são necessários os bois para puxá-lo.
- Acima dos quatro elementos, existiam as esferas dos corpos celestes que eram de cristal e se movimentavam circularmente. Estas esferas eram serenas, harmoniosas e eternas.

<http://peccotines.yahoo.com/biblioteca/eficas/biografias/aristoteles.htm>

Pode-se dizer então que, para Aristóteles existiam três tipos de movimento: natural, violento e perfeito que é o movimento circular dos astros celestes.

<http://astro.ufmg.br/pt/pt1.htm>

Esferas celestes de Aristóteles, feitas de cristal, com a Terra ao centro. A partir da Terra as esferas eram as seguintes: esfera da Lua, de Mercúrio, de Vênus, do Sol, de Marte, de Júpiter, de Saturno e por último a esfera das Estrelas Fixas. Os planetas Netuno, Urano e Plutão, como não podem ser vistos a olho nu daqui da Terra, não eram conhecidos na época.

Se os movimentos violentos exigiam uma causa, o que faria uma pedra continuar se movimentando mesmo depois de perder contato com a mão do lançador?

- Para Aristóteles a explicação era simples:
- Quando a pedra sai do ponto A para o ponto B, deixava de ocupar um espaço e ia para outro.
- O espaço da posição A não podia ficar vazio e o ar da posição B não tinha para onde ir.
- Nada mais natural que o ar da posição B migrasse para o da posição A e assim empurrasse a pedra.
- Desta forma, a causa da continuidade do movimento se devia ao ar que se deslocava da frente para trás da pedra e a empurrava.

O ar se movimentava para trás da pedra e a empurrava. Para Aristóteles o ar, ao mesmo tempo movia e resistia ao movimento.

O que dizia Hiparco sobre o mesmo assunto?

<http://www.mcgill.ca/museum/arc/arc/hipparco.html>

- O astrônomo Hiparco de Nicéia (130 a.C.), discordando completamente de Aristóteles, explicava o movimento da pedra, após sair da mão do lançador, de forma completamente diferente.
- Para ele, este movimento se dá por meio de uma força transmitida à pedra pelo lançador.
- Esta força é absorvida pela pedra e vai acabando aos poucos, à medida que ela se movimenta (Peduzzi, 1998).

Persistência do movimento após uma bola perder contato com o lançador, segundo Hiparco

A força armazenada na bola vai diminuindo... diminuindo... até... a bola parar.

Uma pessoa jogando uma bola para rolar no chão

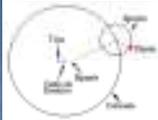
Para Hiparco, a parada ocorre porque a força que o lançador transmitiu à bola acaba.

As idéias de Hiparco contribuíram para o surgimento da Teoria do Impetus, na Idade Média.

Voltando a falar de Aristóteles...

O sistema de Ptolomeu

- Para salvar a teoria, Ptolomeu explicou esse fenômeno, aparentemente tão estranho, elaborando um sistema complicado, mas geometricamente plausível.
- Os planetas estariam fixos sobre esferas concêntricas de cristal.
- Ele postulou que cada planeta se move num círculo pequeno chamado de epiciclo, cujo centro se move ao redor da Terra, que é estacionária no centro do Universo.



<http://www.fuif.br/br/p1/p1.htm>



<http://www.astro.uva.br/~astrop/ptol/p1/p1.htm>

<http://www.astro.uva.br/~astrop/ptol/p1/p1.htm>

<http://www.astro.uva.br/~astrop/ptol/p1/p1.htm>

Trajectoria aparente de Marte em relação as estrelas fixas entre 10 setembro e 28 de abril, mostrando um movimento de regressão:

<http://www.astro.uva.br/~astrop/ptol/p1/p1.htm>

<http://www.astro.uva.br/~astrop/ptol/p1/p1.htm>

33



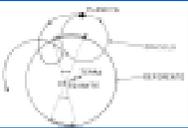
Simulação do movimento retrógrado no sistema geocêntrico. Observe a trajetória (em cor verde) do planeta vista da Terra, contra o fundo estrelado (Fonte: Web Syllabus, Dept. Physics & Astronomy, University of Tennessee.

<http://ocw.mit.edu/ocw/astrophysics/16.000/retrograde/retrograde.html>

34

Epíclis e Deferentes

- O deferente é um círculo imaginário que circundaria a Terra, e sobre cuja circunferência, segundo Ptolomeu, se moveria ou o corpo celeste (no caso da Lua e do Sol) ou o centro do seu epiciclo (como é o caso dos demais planetas).
- Assim, com seus epiciclos Ptolomeu conseguiu não só salvar o sistema Geocêntrico como também prever as posições dos planetas.



O sistema de epiciclos de Ptolomeu:

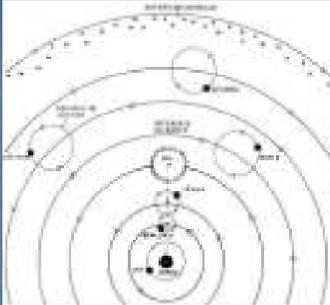
<http://www2.uerj.br/~obscursos/astro/mia/fundamentoshi/astro.htm>



Movimento Retrógrado visto da Terra

<http://astro.if.usp.br/p1/p1.htm>

35



O Sistema Ptolomaico com seus Epiciclos e Deferentes, explicando o movimento retrógrado dos planetas

<http://www2.uerj.br/~obscursos/astro/mia/fundamentoshi/astro.htm>

36

Figura feita por Ptolomeu



<http://calendario.incbadira.fapesp.br/portaol/textos/professor/piccolo07>

37

É interessante observar que, apesar de não existirem telescópios, os astrônomos da antiguidade acertaram a ordem dos planetas, de Mercúrio a Saturno.

Observando a olho nu daqui da Terra, todos os planetas são pontos brilhantes no céu, semelhantes às estrelas, porém se movem em relação a elas e são mais brilhantes. Como foi possível acertar a ordem dos planetas se os antigos astrônomos não conseguiam distinguir visualmente um do outro?



Júpiter

Marte

Tente identificar planetas na foto acima

- Observações acumuladas desde a Antiguidade mostram que todos os planetas possuem um movimento característico em relação às estrelas e que, de tempos em tempos, voltam às posições originais.
- Quanto mais tempo os planetas levam para voltar às posições de origem em relação às estrelas, mais longe se encontram da Terra.
- Foi a esta conclusão lógica que os antigos astrônomos chegaram e a partir daí, determinaram a ordem dos planetas, considerando um universo com a Terra (que não era considerada planeta) no centro.
- Veja um texto que expressa o pensamento dos antigos estudiosos do céu. Observe que antigamente não existia distinção entre astronomia e astrologia (Copérnico, 1990).



Círculo Zodiacal e Signos do Zodíaco

http://www.astro.com/astrologia/m_k4sol_p1.htm

39

O poder do modelo ptolomaico

- Se cientistas tentam salvar teorias que não tem nenhum apelo religioso, imaginem uma teoria como a geocêntrica.
- O geocentrismo, pode-se dizer, virou dogma, pois a Igreja baseava-se nele, e atuava de forma feroz contra qualquer conceito contrário a esta teoria.
- Como já mencionado o Sistema Ptolomaico era difícil de ser derrubado por seu apelo religioso e, assim ele foi aceito até a Renascença, ou seja, por volta do fim do século XIV.





40

- Somente quando estava às portas da morte, Copérnico permitiu que George Joaquim Rheticus, seu discípulo, publicasse seu livro chamado "De revolutionibus".
- Assim, em 1543, quando jazia no leito de morte, o clérigo polaco Nicolau Copérnico viu os primeiros exemplares do seu livro. Adiará deliberadamente a sua publicação para não ter de enfrentar as consequências.
- O prefácio do livro foi escrito por um amigo seu chamado Osiander que sabia que o livro causaria grande barulho e, portanto, escreveu:



De revolutionibus <http://www.ub.edu/~dsg/revol.html>

De revolutionibus <http://atlasimam.uhu.es/copbus.html>

49

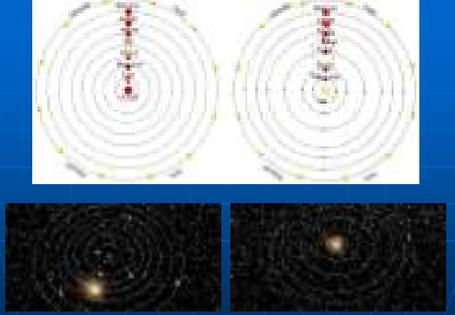
O livro de Copérnico representava muito mais do que derrubar o Sistema Geocêntrico, ele era a dissolução do cosmo aristotélico-ptolomaico.



Copérnico http://pt.wikipedia.org/wiki/Nicolau_Cop%C3%A9rnico

Copérnico nasceu e viveu nesta rua no nº 15 e nº 17 na cidadezinha de Torun, à margem do rio Vístula, Polónia. <http://www.ub.edu/~dsg/revol.html> <http://atlasimam.uhu.es/copbus.html>

50



Modelo Geocêntrico e Heliocêntrico http://www.rnua.pt/pt/informacao/historia/nicolau_copernico.html

51

- Muitos afirmam que, embora Copérnico tenha rompido com a ideia de universo dominante da época, ele acabava se voltando para ideias aristotélicas.
- Thomas Kuhn, por exemplo, afirma que "é exatamente na ruptura que Copérnico mostra mais claramente sua dependência com relação à tradição".
- Arthur Koestler, em seu livro *Os Sonâmbulos*, declara que "Copérnico esforçou-se ao máximo para encaixar o movimento da Terra dentro de uma estrutura baseada na física aristotélica".
- Mesmo assim, podemos afirmar que Copérnico iniciou uma grande revolução. Depois dele:

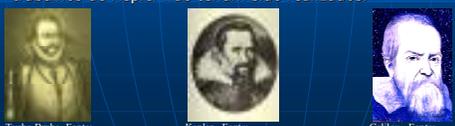


Sistema de Copérnico <http://www.ub.edu/~dsg/revol.html> <http://atlasimam.uhu.es/copbus.html>

52

Sobre ombros de gigantes

- Foram esses três homens, junto com Newton, que possibilitaram a ida do homem à Lua.
- Saibam que o homem pousou na Lua usando as equações de Newton, nem mesmo as correções de Einstein foram usadas, e que, sem dúvida, essas equações são consequência dos estudos de Brahe, Kepler e Galileu.
- Newton, mesmo sendo um homem muito prepotente, acaba reconhecendo seus antecessores, Kepler e Galileu, em uma frase que ficou famosa: "Se pude ver mais longe é porque estava nos ombros de dois gigantes".
- Ele não cita Tycho Brahe (1546-1601), mas é necessário que vocês saibam que, se não fosse a paciência deste último, os trabalhos de Kepler não teriam sido realizados.



Tycho Brahe - Fonte: <http://galileo.rice.edu/sci/brahe.html>

Kepler - Fonte: <http://galileo.rice.edu/sci/kepler.html>

Galileu - Fonte: <http://www.internext.com.br/>

53

Tycho Brahe

- A crescente controvérsia entre a teoria geocêntrica e a teoria de Copérnico estimulou muitos a coletar dados mais precisos do universo.
- Foram as observações e cálculos de Tycho Brahe, nascido três anos depois da morte de Copérnico, que levaram Kepler a formular suas três leis como veremos.
- Tycho Brahe era um homem surpreendente. Seus interesses incluíam, além da astronomia e da filosofia, a alquimia e a astrologia.



Tycho Brahe (1546 - 1601) <http://www.ub.edu/~dsg/revol.html> <http://atlasimam.uhu.es/copbus.html>

54

- Ainda jovem, as observações amadoras de Tycho o levaram a assistir a um eclipse total do Sol que havia sido previsto para o dia 21 de agosto de 1560.
- Para espanto de Brahe, que ainda era rapaz, a previsão se cumpriu em outubro, portanto com atraso. Este fato o levou, depois de ter estudado direito, a estudar astronomia.



Fotos do eclipse total do Sol ocorrido em 26 de fevereiro de 1998 <http://www.edhurasava.com.br/brasil/observacao/total/total2000/fotos.html>

Eclipse (fora de escala). O eclipse não ocorre todo dia, como mostrado acima porque os planos de rotação da Lua em volta da Terra e da Terra em torno do Sol são diferentes. <http://www.gfisiana.com.pt/astromoni/>

O Sol sendo encoberto pelo sombra da Lua, visto da Terra

55

A estrela nova



- Tycho Brahe montou seu próprio observatório e foi lá que a 1 de novembro de 1572, na constelação da Cassiopeia, descobriu a *stella nova* (estrela nova), uma estrela que ninguém ainda observara.
- Assim, o princípio da imutabilidade de Aristóteles cai por terra e a Igreja é ofendida.
- No entanto, é a partir dessa descoberta que Brahe começa a ser conhecido como astrônomo e consegue proteção do e consegue proteção do Rei Frederico II da Dinamarca, que lhe financia a construção de um observatório.

A constelação de Cassiopeia e as suas vizinhanças. <http://www.uma.pt/Investigacao/Astro/Astronomia/Obsev-mes/Set2002/cassiopeia.htm>

56

Uraniborg

- Nesse observatório, foram construídos instrumentos de medição gigantescos.
- Tycho chamou o lugar Uraniborg, de Urânia, a musa da astronomia. Iniciado em 1576, funcionou até 1597.
- Poucos anos depois, em 1610, a invenção do telescópio poria fim à astronomia a olho nu. (Goodstein & Goodstein, 2002)



Quadrante usado por Tycho Brahe
<http://www.astro.br/brahe/tycho.html>



Observatório de Uraniborg, que Tycho Brahe construiu em 1576 na ilha de Hven, com estímulo e amparo financeiro do Rei Frederico da Dinamarca
<http://www.astro.br/brahe/tycho.html>



Uraniborg
<http://www.astro.br/brahe/tycho.html>

57

Instrumentos usados por Brahe

- Só para que vocês tenham uma idéia de como eram feitas as medidas de Brahe apresentaremos aqui um sextante.
- Naquela época, para medir os ângulos entre horizonte e altura em que se encontrava o astro, usava-se este instrumento.
- A ilustração 1 mostra um sextante, enquanto que a ilustração 2 o mostra esquematicamente.



Ilustração 1 - Sextante.
<http://users.hotlink.com.br/marielli/matematica/geniomat/tycho.html>



Ilustração 2 - partes do sextante.

58

- A Luneta fica apontada para o espelho pequeno, que é fixo no quadro do aparelho.
- Este espelho tem uma metade espelhada e a outra transparente.
- Pela parte transparente, o navegador pode avistar o horizonte diretamente e a parte espelhada reflete a imagem que vem do espelho grande.
- O espelho grande é móvel e gira juntamente com o braço do sextante.
- Fazendo isso, variamos o ângulo entre os espelhos pequeno e o grande.
- O astro é avistado através da reflexão no espelho grande.
- A altura do astro é medida na Escala que fica na parte mais baixa do sextante.



Ilustração 1 - Sextante.



Ilustração 2 - partes do sextante.

59

A precisão das observações de Brahe

- Não existiam telescópios para as primeiras observações e Tycho usou um compasso e uma esfera absolutamente rudimentares.
- Mesmo com esses instrumentos, durante a passagem de Vênus próxima a Saturno, ele verificou que as previsões feitas com os cálculos de Ptolomeu levavam a um erro de um mês e, usando os de Copérnico, o erro caía para alguns dias.
- Esta descoberta o levou a realizar mais e melhores observações, percebendo a necessidade de se aperfeiçoar seus instrumentos e técnicas de observação.
- Brahe fez a maioria de suas medidas e conseguiu pacientemente catalogar um bom número de astros, apesar de ter um talento matemático um tanto restrito.



Vênus

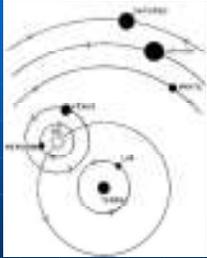


Saturno

60

O modelo de universo de Brahe

- Apesar de reconhecer as limitações do modelo geocêntrico, Tycho Brahe ainda acreditava que a Terra ocupava o centro do universo.
- Como o modelo de Ptolomeu não alcançava a precisão desejada, Brahe criou seu próprio modelo.



Sistema Tichônico, uma combinação dos sistemas Ptolomaico e Copernicano. A Lua e o Sol giram ao redor da Terra, Mercúrio, Vênus, Marte, Júpiter e Saturno giram ao redor do Sol e da Terra.
<http://www2.uerj.br/~oba/cursos/astrofisica/fundament/obshistastro.htm>

61

Aí veio Kepler

- Surge então um homem que irá ajudar Brahe, um homem de grande talento matemático, Johannes Kepler.
- De pequena estatura, saúde delicada e pobre, a inteligência penetrante de Kepler possibilitou-lhe ganhar uma bolsa de estudos que lhe permitiu frequentar a Universidade.



Johannes Kepler (1571 - 1630) - Fonte: <http://www.astro.br/brahe/tycho.html>

62

Kepler imaginou um modelo do universo de seis esferas invisíveis para regular as órbitas dos seis planetas conhecidos.



Esfera de Saturno: Cubo

Esfera de Júpiter: Tetraedro

Esfera de Marte: Dodecaedro

Esfera da Terra: Icosaedro

Esfera de Vênus: Octaedro

<http://www.cboc.fcfl.pir.br/centes/tycho/wannero/tycho/tycho.html>

63

O que passava pela cabeça do Kepler em suas aulas?



- Segundo a lenda, um dia, no verão de 1595, Kepler dava uma lição de geometria a uma turma de adolescentes aborrecidos, mas a sua mente esquadrihava os dados das tabelas astronômicas de Copérnico, a paixão de toda a sua vida.
- Inscrevendo círculos no interior e no exterior de um triângulo equilátero, compreendeu subitamente que a razão dos diâmetros dos dois círculos (o diâmetro do exterior tem exatamente o dobro do tamanho do diâmetro do interior) era praticamente a razão dos diâmetros das órbitas de Júpiter e de Saturno.

64

A primeira Lei

- Seu maior esforço foi para encontrar uma órbita para Marte que fosse coerente com as observações de Tycho.
- Como se vê na sua primeira Lei, ele descreveu a órbita da Terra por um círculo com o Sol ligeiramente deslocado do centro.
- Mas com Marte a coisa não funcionara. Tentou o quanto pôde, mas nenhum círculo se ajustava.

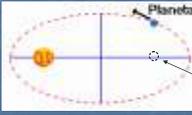


73

A primeira Lei

- A Terra, sendo o lugar da mudança, da morte e da decomposição, não se encontra, obviamente, num estado de perfeição platônica, como se supunha que os planetas se encontravam - assim, talvez não seja necessário que as órbitas dos planetas sejam círculos platônicos!
- "Oh que ridículo eu sou!" - dizia Kepler, por não ter conseguido chegar a esta conclusão mais cedo- "já não escrevemos papéis científicos desta maneira. A órbita de Marte não é um círculo, é uma **elipse**, com o Sol num dos focos."

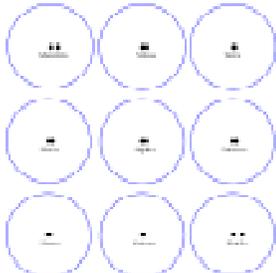
(Goodstein & Goodstein, 2002)



Órbita elíptica de um planeta, com o Sol em um dos focos.
Outro foco da elipse (vazio)

Na verdade, as órbitas dos planetas são menos alongadas que na ilustração acima. Observe como elas são no próximo slide.

74



As órbitas dos planetas são elipses de pequena excentricidade, praticamente circulares.

<http://educar.sc.usp.br/fisica/mostrar4.html>

Elipses das órbitas dos 9 planetas. O ponto central é o centro da elipse e o ponto da direita é a posição de um dos focos, o qual é ocupado pelo Sol. As órbitas elípticas dos planetas são normalmente representadas mais alongadas do que realmente são. Os cometas possuem órbitas bem alongadas. Física na Escola, v. 4, n. 2, 2003

<http://www.edec.sc.usp.br/cda/oba/O%20problema%20do%20seno%20do%20%20bita%20de%201terra.pdf>

75

Segunda Lei

- Com os dados de Tycho, Kepler leva adiante seus cálculos e percebe que os planetas se movem mais depressa quando se encontram na parte mais próxima do Sol e se movem mais devagar quando se encontram mais longe.
- Descobre também que as velocidades dos planetas são reguladas pela varredura, ou seja, os planetas varrem áreas iguais em tempos iguais[1]. Esta descoberta acaba conhecida como a segunda lei de Kepler[2].



2ª Lei de Kepler - As áreas a_1 e a_2 são iguais. O planeta gasta o mesmo tempo indo de x_1 a y_1 e de x_2 a y_2 , ou seja, $\Delta t_1 = \Delta t_2$.

A linha que liga o Sol ao planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo também iguais.

http://www.gravidade.hpgvip.g.com.br/gravidade_c1.htm

<http://educar.sc.usp.br/fisica/moexp.html>

http://paines.terra.com.br/educacao/pfer/oh11br/oh11br/keplerlaw2_br.htm

[1] Um experimento para ver a segunda lei de Kepler pode ser encontrado no site: <http://educar.sc.usp.br/fisica/moexp.html>

[2] Um applet pode ser visto no site: http://paines.terra.com.br/educacao/pfer/oh11br/oh11br/keplerlaw2_br.htm

76




Primeira lei: Um planeta se move descrevendo uma órbita elíptica tendo o Sol como um dos focos.

Segunda lei: A linha que liga o Sol ao planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.

<http://geocities.yahoo.com.br/saldefisica6/gravitaao/kepler.htm>

77

Uma boa maneira de se representar uma elipse é por meio de dois pregos e um barbante. O barbante deve ficar frouxo e o lápis deve desenhar a elipse. Desta forma, os pregos estarão situados nos dois focos da elipse.




Kepler: http://es.wikipedia.org/wiki/Johannes_Kepler

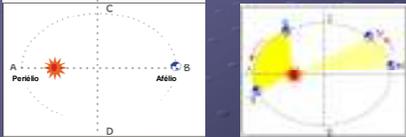
http://www.astrofocopliuad.com/dic/apua/GA1/vecentricidade_Brazil_1.pdf

<http://sdo.com.br/matematica/aticmat/Cometes.htm>

Site com mais uma simulação da primeira lei: <http://www.lmm.fis.ufal.br/dinamica/keplemotion/keplemotion.html>

78

- Como vimos, a segunda Lei de Kepler[1], mais conhecida como Lei das Áreas, diz que uma reta imaginária ligando um astro a outro "varre" áreas iguais em tempos iguais.
- Como o **periélio** é o ponto mais próximo do Sol, e o **afélio**, o ponto mais afastado, podemos ver que o movimento de um astro é acelerado do afélio para o periélio e retardado quando do periélio para o afélio.



Se o tempo que o planeta leva para ir de M até N é o mesmo gasto para ir de P até Q, então as áreas SMN e SPQ marcadas são iguais. Isto implica numa maior velocidade do planeta ao se aproximar do Sol, conforme pode ser visto na animação. A distância de P até Q é maior que a distância de M até N, porém o tempo gasto é o mesmo.

<http://www.net-mas.com.br/~cesario/fisica1/p153.htm>

[1] Site com mais uma simulação da primeira lei: <http://www.lmm.fis.ufal.br/dinamica/keplemotion/keplemotion.html>

79

Terceira Lei de Kepler

Para entendermos a terceira Lei de Kepler, faz-se necessário saber que a média entre a máxima e a mínima distância de um planeta até uma estrela chama-se raio médio da órbita; e o tempo necessário para um planeta descrever uma volta completa ao redor de uma estrela é conhecido por período de translação.



O raio médio da órbita ou semi-eixo maior da elipse é a distância entre uma das pontas e o centro da elipse.

Órbita elíptica do planeta

Estrela, que pode ser o Sol

Em média, estamos distantes do Sol cerca de 150 milhões de quilômetros

80

Sempre guiado pela busca da harmonia, Kepler trabalhou 10 anos para apresentar a sua Terceira Lei em que afirmava: "A razão entre o quadrado do período de translação (T^2) e o cubo do raio médio da órbita (R^3) é constante."

PLANETA	T (s)	r (m)	T^2/r^3
MERCURE	$7,6 \cdot 10^6$	$5,79 \cdot 10^{10}$	$2,99 \cdot 10^{-18}$
VENUS	$1,94 \cdot 10^7$	$1,08 \cdot 10^{11}$	$2,99 \cdot 10^{-18}$
TERRE	$3,16 \cdot 10^7$	$1,49 \cdot 10^{11}$	$3,02 \cdot 10^{-18}$
MARS	$5,94 \cdot 10^7$	$2,28 \cdot 10^{11}$	$2,96 \cdot 10^{-18}$
JUPITER	$3,74 \cdot 10^8$	$7,78 \cdot 10^{11}$	$2,97 \cdot 10^{-18}$
SATURNE	$9,30 \cdot 10^8$	$1,42 \cdot 10^{12}$	$3,02 \cdot 10^{-18}$
URANUS	$2,88 \cdot 10^9$	$2,87 \cdot 10^{12}$	$2,96 \cdot 10^{-18}$
NEPTUNE	$5,20 \cdot 10^9$	$4,50 \cdot 10^{12}$	$2,97 \cdot 10^{-18}$

É constante para todos os planetas a razão T^2 / R^3 . Na terceira coluna numérica, podemos observar que temos sempre o mesmo valor para T^2 / R^3 , descontando os pequenos erros experimentais. Lembre-se que estamos lidando com escalas astronômicas.

81

Harmonia do Mundo

- Em 1619, Kepler publica outro livro, Harmonia do Mundo, no qual enuncia a sua Terceira Lei que compara as órbitas dos planetas.
- Estas Três Leis são o maior legado de Kepler. Elas tiraram definitivamente a Terra do centro do universo.
- Porém prestem atenção que essas elipses tem pequena excentricidade, ou seja, são quase círculos.
- Atentem para o fato de que essas Leis não descrevem somente o movimento dos planetas ao redor do Sol, elas descrevem o movimento de qualquer corpo no universo orbitando outro.
- Isso é muito importante para nós que queremos colocar um satélite em órbita ao redor da Terra.



<http://astro.ufrjas.br/bib/btk/kepler.htm>

82

Três Leis de Kepler

Primeira Lei: Um planeta se move descrevendo uma órbita elíptica tendo o Sol como um dos focos.



Segunda Lei: A linha que liga o Sol ao planeta varre áreas iguais em intervalos de tempo iguais.



Terceira Lei: A razão entre o quadrado do período de translação (T^2) e o cubo do raio médio da órbita (r^3) é constante.



83

- As duas primeiras leis descrevem o movimento de um único planeta na sua órbita, enquanto que a Terceira compara as órbitas dos planetas.
- Kepler, levando em conta os dados de Brahe, calculou os períodos de translações dos planetas, conhecidos naquela época (de Mercúrio a Saturno), em termos do período de translação da Terra.
- Calculou, também, para estes mesmos planetas, suas distâncias médias ao Sol, em termos da distância média da Terra ao Sol.
- Na verdade foi com esses valores que ele postulou sua Terceira Lei.



Kepler
http://www.mon.rcti.pt/informacao/historia/johannes_kepler.html



Só muito tempo depois da morte de Kepler que a humanidade passou a saber da existência dos planetas Urano, Netuno e Plutão.
<http://www.palmaresnet.com.br/glo/cosmos/kepl.htm>

84



Sic: <http://www.observatorio.ufmg.br/pas53.htm>

Continuemos a galgar pela história da ciência. Ela nos mostra que, ao mesmo tempo em que Kepler trabalhava em Praga para mostrar que a Terra não era o centro do universo, na Itália, outro homem também trabalhava no mesmo problema: Galileu Galilei.



<http://www.observatorio.ufmg.br/pas53.htm>

Abra o arquivo: "3 - Como colocar um satélite em órbita - Galileu" e aprenda coisas interessantes!

86

**Slides da apresentação 3 - Como colocar
um satélite em órbita - Galileu
CD – 01**

Galileo Galilei



(1564-1642)

Galileu nasceu em Pisa em 1564, era filho de um músico, Vincenzio Galilei. Estudou matemática e arranjou um lugar como professor em sua cidade natal.

O pêndulo e a queda dos corpos

Enquanto professor de matemática, Galileu:

- descobriu a lei do pêndulo (um pêndulo leva sempre o mesmo tempo para completar um ciclo, independentemente do tamanho do arco descrito)
- descobriu a lei da queda dos corpos (todos os corpos, independentemente da sua massa, caem com a mesma aceleração no vácuo)
- fez uma série de experiências de cinemática com bolas e planos inclinados que levaram a nada menos do que à invenção da ciência experimental como hoje a conhecemos.



Pêndulo: <http://www.net.com.com.br/estudo/respostas/pendulo.htm>

Galileu observa a oscilação de um lampadário na catedral de Pisa <http://seociencias.yahoo.com.br/colado/leica/93/segundo-galileo.htm>



Galileu Galilei



Torre de Pisa - Itália <http://emily.gallery.whitelands.com/photos/travel/europe/m/emp/09422>

- Acredita-se que desde muito cedo, Galileu tenha optado pelo sistema copernicano, no entanto, com medo de parecer ridículo por acreditar que a Terra não fosse o centro do universo, manteve guardada consigo essa escolha.
- Assim como Kepler, Galileu era um talentoso matemático.
- Ele chegou a conhecer as leis de Kepler, no entanto, estranhamente nunca as reconheceu e muito menos as adotou.
- Galileu e Kepler chegaram a se corresponder e em uma dessas cartas (para agradecer a Kepler por ter lhe enviado uma cópia do seu livro *Mysterium cosmographicum*) afirmou: "na verdade congratulo-me por ter no estudo da Verdade um companheiro que é amigo da Verdade".
- Dizem os historiadores de Galileu que a palavra "verdade" com letra maiúscula era uma menção a Copérnico.

"Quando tivermos dominado a arte do voo, não haverá com certeza falta de pioneiros humanos para a viagem ao espaço. Criemos navios e velas adequadas ao éter celeste e haverá inúmera gente sem medo dos desertos vazios. Enquanto isso, preparemos, para os bravos viajantes, mapas dos corpos celestes. É o que farei para a Lua e vós, Galileu, para Júpiter."

Carta, datada de 19 de abril de 1610, de Johannes Kepler para Galileu Galilei

<p>Kepler</p>  <p>(1571-1630)</p>	<p>Galileu</p>  <p>(1564-1642)</p>
---	---

Extraído de: Filho, 2005

O problema de Galileu para defender o heliocentrismo

- Raciocinemos junto com Galileu, façamos uma experiência de pensamento.
- Larguemos uma pedra do alto da torre de Pisa, como conta a lenda que Galileu tenha feito.
- Você concorda que a pedra cairá ao chão na base da torre, descrevendo uma trajetória reta, na vertical?
- No entanto, se você acredita na tese copernicana de que a Terra gira sobre seu eixo, enquanto a pedra cai a Terra se deslocará.
- A pedra cairá, então, afastada da base da torre.



Torre de Pisa, Itália <http://seociencias.yahoo.com.br/colado/leica/93/segundo-galileo.htm>

O problema de Galileu para defender o heliocentrismo

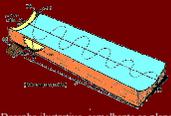
- Suponham que a pedra leva dois minutos para chegar ao solo.
- Com a velocidade da Terra, a torre se afasta da pedra **800m** (!) enquanto ela cai.
- Por outro lado, você sabe que a pedra irá cair num local exatamente abaixo de sua mão, e não 800m atrás.
- Como Galileu acreditava no sistema copernicano ele tinha que argumentar mostrando que apesar da Terra se mover, a pedra cairia na base da torre.
- Para isso ele tinha que elaborar uma teoria convincente sobre a queda dos corpos.



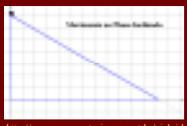
Retrato de Galileu aos 42 anos, por Domenico Roberti.
Fonte: A filha de Galileu: um retrato biográfico de ciência, fé e amor - Davi Sobel, p. 38.

Galileu e a queda dos corpos

- Na verdade, Galileu não tinha como estudar os corpos em queda por esses caírem muito rapidamente.
- Foi através do uso dos famosos planos inclinados que Galileu reduziu a velocidade dos movimentos.
- Ao invés de realizar experiências com objetos em queda na vertical, ele fez esferas de metal rolarem sobre planos inclinados e muito lisos para minimizar o atrito.



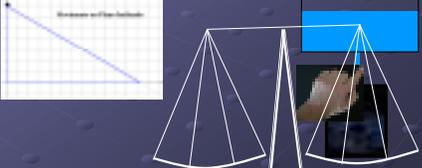
Desenho ilustrativo, semelhante ao plano inclinado de Galileu http://www.fe.radeciencias.com.br/sala04/04_14.asp



<http://www.groosetrolanos.mat.br/ciclode.asp>

Galileu e a queda dos corpos

- Experimentou muitos esquemas para medir com precisão o tempo gasto pelas bolas na queda.
- O melhor destes engenhos foi uma espécie de cronômetro de água.
- A água circulava através de um tubo - que ele podia abrir e fechar com o dedo - para um segundo recipiente enquanto a bola rolava.
- Seguidamente, pesava a água que tinha escorrido; o peso da água deveria ser proporcional ao tempo decorrido.



<http://www.groosetrolanos.mat.br/ciclode.asp>

Galileu e a queda dos corpos

- Reproduções modernas das experiências com plano inclinado mostraram que, com a prática, ele podia através do relógio de água, conseguir uma precisão da ordem dos dois décimos de segundo.
- Galileu chegou a uma conclusão importante com essa experiência:
- Como ele já havia previsto antes de realizar o experimento, a distância percorrida pela bola no plano inclinado, era proporcional ao quadrado do tempo, ou seja, no dobro do tempo, a bola percorre uma distância quatro (2^2) vezes maior, no triplo do tempo, nove vezes (3^2) maior, no quádruplo, dezesseis (4^2) vezes ...

t (tempo medido em uma unidade qualquer)
 d (distância em uma unidade qualquer)

Clique na figura acima

Há mais de 400 anos, a vida na Europa era muito diferente da atual. Os livros eram raros e muito caros, geralmente escritos em latim, a língua dos sábios e da Igreja. A ciência, do modo como a compreendemos hoje, era quase desconhecida.

http://museeva.ufpel.edu.br/~hstf/vida_g.htm

- Foi usando a técnica experimental do plano inclinado que Galileu chegou à lei da queda livre.
- Ele percebeu que o resultado para a queda dos corpos em um plano era o mesmo não importando qual a inclinação deste.
- E aqui é que pousa sua genialidade matemática, ele assumiu que isso acontecia mesmo quando o ângulo de inclinação do plano fosse 90° , ou seja, se o plano fosse vertical, isso significa uma queda livre!

Imagem de satélite artificial da Itália, (país onde nasceu Galileu) e imediações.
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Foto:G3%2A111a>

<http://www.uranibora8m.com/temas/galileo.html>

- Galileu derrubou ainda outra sólida concepção aristotélica de mundo ao imaginar que o corpo em queda caía no vácuo.
- Os aristotélicos não admitiam o "nada", ou seja, o vácuo era inconcebível.
- Portanto, Galileu mostrou, diferentemente do que os aristotélicos afirmavam que a queda de um corpo não dependia do seu peso, pois era a resistência com o ar que fazia com que corpos mais leves levassem mais tempo para cair do que os mais pesados.

SATURNO, HOJE

Eu queria agradecer-te, Galileu, a inteligência das coisas que me deste. Eu, e quantos milhões de homens como eu a quem tu esclareceste, ia jurar - que disparate, Galileu! - e jurava a pés juntos e apostava a cabeça sem a menor hesitação - que os corpos caem tanto mais depressa quanto mais pesados são.

OS DESENHOS DE GALILEU

Antônio Gedeão
Poeta português

O poema completo pode ser encontrado no site:
<http://museeva.ufpel.edu.br/~hstf/poema.htm>

Os antecessores de Galileu

- Galileu se apoiou muito na descrição do movimento dos físicos medievais para desenvolver a teoria da queda dos corpos.
- Um físico, matemático e filósofo que muito influenciou Galileu foi o francês Nicole Oresme.

Nicole Oresme
<http://arkod.ufrj.br/meda.org.br/ingles/com/memo/02/Oresme-Nic-Nicole.jpg>

Os antecessores de Galileu

- Oresme usou a geometria para fazer uma dedução que foi fundamental para Galileu:
- Se um móvel com aceleração constante ($\neq 0$) desloca-se num certo tempo, sua velocidade média é a média aritmética entre a máxima e a mínima velocidade alcançada por ele.
- Este móvel percorreria a mesma distância (no mesmo intervalo de tempo) se estivesse com velocidade constante igual a esta média aritmética.

A área inferior do gráfico velocidade X tempo é numericamente igual à distância percorrida.

A área do retângulo equivale à distância alcançada por um móvel que possui velocidade constante.

A área do triângulo corresponde à distância percorrida por um móvel em movimento uniformemente acelerado com velocidade média numericamente igual à velocidade constante do móvel anterior.

As áreas do retângulo e do triângulo são iguais. Isso quer dizer que ambos os móveis percorrem a mesma distância.

Segundo Galileu:

- o movimento mais simples é o uniforme, no qual um corpo percorre distâncias iguais em tempos iguais.
- o movimento uniformemente variado (que possui aceleração constante), no qual o corpo aumenta ou diminui sua velocidade em quantidades iguais em tempos iguais, é o mais simples dos movimentos acelerados.
- a natureza funciona de forma simples, portanto, se um corpo em queda faz parte da natureza, ele cai aceleradamente da forma mais simples, ou seja, com aceleração constante (Cohen, 1967).

<http://www.uranibora8m.com/temas/galileo.html>

Movimento uniforme: a velocidade é constante e o móvel percorre distâncias iguais em tempos iguais. A distância percorrida é proporcional ao tempo de viagem.

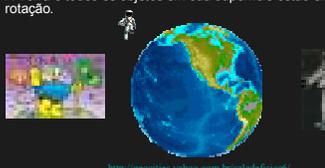
Movimento uniformemente variado: a velocidade varia de quantidades iguais em tempos iguais. A velocidade é proporcional ao tempo e o espaço percorrido é proporcional ao quadrado do tempo.



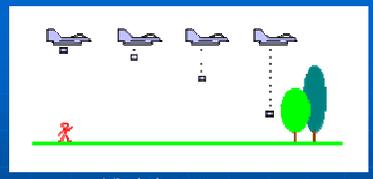
- Galileu percebeu que se uma bola descer um plano sem atrito de uma certa altura, esta tenderia a subir um outro plano à mesma altura.
- Se o segundo plano tivesse grande inclinação, a bola percorreria uma distância pequena, antes de parar.
- A bola percorreria uma distância maior antes de parada se o plano tivesse uma inclinação menor, atingindo, no entanto, uma altura sempre igual à original da saída.
- Atentem para a genialidade de Galileu que imaginou que se o segundo plano fosse horizontal a bola jamais pararia, já que nunca atingiria a altura inicial.
- Essas experiências levaram a Lei da Inércia e ao Princípio da Conservação da Energia que vigoram até os dias de hoje.

As bolas são soltas na superfície sem atrito e atingem a mesma altura que estavam, independentemente da inclinação dos planos.

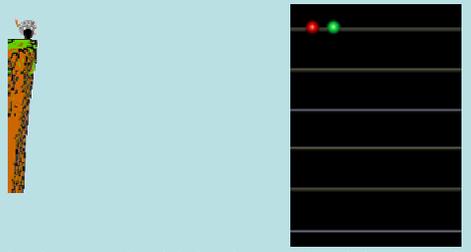
- A idéia do movimento horizontal se manter, rompe definitivamente com a concepção aristotélica que todos os movimentos exigem uma causa.
- Se um corpo tem a tendência de manter seu movimento, a pedra caindo da torre continuará se movimentando junto com a Terra.
- A Terra e todos os objetos em sua superfície estão em movimento de rotação.



- O estado natural de tudo que se encontra na Terra é manter o movimento.
- Isto significa que nós, em relação a um astronauta que pudesse estar parado (em relação à Terra) lá fora no universo, estamos nos movendo junto com a Terra.
- Isso quer dizer que nós, a pedra e a torre nos movemos juntos.
- Portanto, para nós aqui na Terra é como se tudo estivesse parado.



- Galileu não conhecia aviões, mas hoje em dia qualquer um sabe que quando uma pacote é solto no ar de um avião, continua se deslocando para frente com a velocidade do avião (se desprezarmos a ação do ar).
- Devido ao fato da força da gravidade atrair o pacote, ele também vai para baixo.
- Juntando os dois movimentos, para frente e para baixo, o pacote acaba descrevendo uma trajetória parabólica, como na figura acima.



Quando um corpo é lançado horizontalmente no vácuo, ele descreve, em relação à Terra, uma trajetória parabólica. Esse movimento pode ser considerado como o resultado da composição de dois movimentos simultâneos e independentes: Um movimento vertical, uniformemente variado, sob a ação exclusiva da gravidade. E um movimento horizontal uniforme, pois não existe aceleração na direção horizontal.

Manuscritos de Galileu




Desenho da Lua feito por Galileu
http://www.pydsim.hqz.ie.com.br/galileu_galilei.htm

- Quando o pacote se desprende do avião que voa horizontalmente, por causa da inércia, o objeto sai do avião com o mesmo movimento que tinha quando dentro.
- Para o piloto, o pacote cai em linha reta vertical (veja ilustração), no entanto uma pessoa na Terra vê o pacote cair em uma trajetória parabólica.
- Apesar de no seu tempo não existirem aviões, Galileu entendia perfeitamente como é o movimento de projéteis.




Bombas caindo vistas por uma pessoa dentro do avião

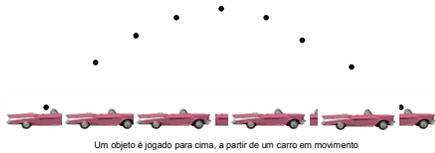
A seguir você verá um filme sobre a invasão nazista à Polônia, que deu início à Segunda Guerra Mundial. Observe os bombardeios aéreos e veja que para uma pessoa dentro do avião a bomba cai em linha reta.



Observe que uma pessoa dentro do avião vê a bomba cair em linha reta (Extraído de Filho, 2005).

- O mesmo raciocínio se aplica, afirmou Galileu, a qualquer projétil, por exemplo, a bala de um canhão.
- Na direção horizontal, a bala de canhão (desprezando a resistência do ar) conservaria a velocidade inicial imprimida pela explosão da pólvora.
- Entretanto, na direção vertical aplicar-se-ia a lei da queda dos corpos, mesmo quando a bala de canhão está no ponto mais alto da sua trajetória.
- Combinando estes dois tipos de movimento e recorrendo à matemática, Galileu mostrou que a trajetória de qualquer projétil perto da superfície da Terra era uma parábola.

O objeto se movimenta para frente com a mesma velocidade do automóvel (desprezando a resistência do ar). Para cima e para baixo, o movimento do objeto obedecerá à Lei da Queda Livre. Por isso estará sempre acima da pessoa que o arremessou.



Um objeto é jogado para cima, a partir de um carro em movimento

Como uma pessoa que está dentro do carro vê a trajetória do objeto? Para um observador fixo no solo, que trajetória descreve este objeto?

Essa experiência você pode fazer!

O ciclista em movimento joga um limão para cima

- Talvez seja perigoso jogar algo para cima quando se está andando numa bicicleta.
- Faça então caminhando. Segure um limão (senão tiver limão pode ser uma borracha) e, quando estiver andando jogue-o para cima exatamente na vertical e continue andando.
- Onde o limão vai cair? Será que ele fica para trás?

26

- Se a velocidade para frente se mantém, então se soltamos uma pedra do alto da torre de Pisa ela cairá exatamente abaixo de nós.
- Assim como a torre se desloca 800 m para frente enquanto a pedra cai, a pedra também viaja a mesma distância na horizontal (além do movimento na vertical).
- Nós aqui na Terra veremos a torre parada e a pedra caindo na vertical.
- Um astronauta que não participasse da rotação da Terra e que pudesse ver a queda da pedra, iria vê-la descrevendo uma trajetória curva, para frente e para baixo assim como nós vemos o pacote que cai do avião.

- Galileu, ao contrário de Aristóteles, propunha que a Terra e os seres humanos **não** estavam separados do resto do universo.
- Segundo Galileu, a Terra era apenas um planeta do Sistema Solar, que fazia parte de um Universo ainda maior.
- O universo, os seres humanos e tudo o que existia na Terra estavam sujeitos às leis naturais que a Física e a Matemática podiam descrever, seja para uma bola atirada para o alto ou para um planeta em movimento de translação ao redor do Sol.
- O que Galileu fez foi unir o Céu e a Terra, que no mundo aristotélico eram separados pela esfera da Lua.

28

Kepler, Galileu e o telescópio

- Os cálculos puramente astronômicos de Kepler não foram o elemento decisivo para produzir a grande revolução que conduziria a uma imagem completamente nova do Universo.
- Essa tarefa coube a Galileu Galilei.
- Ao contrário do astrônomo alemão, que sempre viveu em países protestantes, fora do alcance da Inquisição, o cientista italiano pagou caro a sua audácia.
- Tudo começou em 1609, com uma viagem de Galileu a Veneza, onde ouviu falar de um aparelho, construído por um artesão holandês, que fazia os objetos parecerem maiores e mais próximos: o telescópio.
- De volta a Pádua, conseguiu adquirir um desses instrumentos, com o qual passou a investigar o céu.

29

As principais conclusões que Galileu chegou após suas observações com o telescópio foram:

- ✓ o planeta Júpiter possuía satélites;
- ✓ Vênus apresentava fases, como a Lua;
- ✓ a Lua tinha muitas montanhas e vales, parecidos com os da Terra;
- ✓ o Sol apresentava manchas em sua superfície;
- ✓ existia um número muito maior de estrelas do que se podia ver a olho nu.

Telescópio de Galileu

Lua, desenhos de Galileu

Manchas solares: <http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/52/Sunspotclicsinet.png>

- Dentre as observações que Galileu fez com o telescópio, a descoberta das fases de Vênus (semelhante às fases da Lua) tornou-se um argumento fundamental em favor do heliocentrismo de Copérnico.
- Em sua fase cheia, o planeta era visto pequeno, ou seja, estava mais longe da Terra.
- Nas fases crescente e minguante, o planeta parecia ser muito maior do que quando estava cheio.
- A explicação dada por Galileu era que Vênus, como os demais planetas giravam em torno do Sol.

Figura mostrando as fases de Vênus [http://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%AAnus_\(planeta\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/V%C3%AAnus_(planeta))

Fases de Vênus fotografadas através de um telescópio 'moderno'. <http://www.fis.ufsc.br/pcspeduzzi/imagens-thg5.htm>

Imagine você da Terra observando Vênus. Como o veria? Compare as duas figuras.

31

Compare mais uma vez.

A observação das fases de Vênus feitas por Galileu se tornaram um duro golpe aplicado ao geocentrismo.

Fases de Vênus fotografadas através de um telescópio 'moderno'. <http://www.fis.ufsc.br/pcspeduzzi/imagens-thg5.htm>

As fases de Vênus no modelo copernicano. <http://www.fis.ufsc.br/pcspeduzzi/imagens-thg5.htm>

Galileu e a Igreja

- Naquele tempo a opção de Galileu pelo heliocentrismo era problemática.
- Foi por volta dessa época (1616) que o livro de Copérnico passou a ser definitivamente proibido pelo Santo Ofício.
- Mas Galileu, que era um "cabeça dura", acreditava que podia desviar a Igreja da sua desastrosa rota de colisão com a ciência.
- Ele, por defender o sistema copernicano, acabou sendo condenado.
- A condenação de Galileu representou um enorme trauma nas relações entre a ciência e a religião.



O JULGAMENTO DE GALILEU, em Roma, em 1633. O veredicto foi de culpado por ter "marrido e ensinado" a doutrina copernicana.
<http://www.ca2000pt.com/educativo/historia/artigos/renascim/renascim.htm>

33

- Para escapar aos severos castigos da Santa Inquisição, o então condenado Galileu se viu obrigado a ler um termo de confissão que haviam escrito para ele.
- Confessou então que tudo que tinha descoberto era um grande erro e que jamais cometeria tais heresias.
- Segundo alguns que estavam próximos de Galileu neste momento, ele disse baixinho após terminar a leitura: *"No entanto a Terra se move em redor do Sol"*.
- Apesar do Juramento, ele foi obrigado a cumprir prisão domiciliar perpétua e nunca mais pôde publicar nada.
- Já velho e completamente cego de tanto olhar para o Sol com seu telescópio, Galileu morre, em 08 de janeiro de 1642, em companhia de amigos.



O JULGAMENTO DE GALILEU, em Roma, em 1633. O veredicto foi de culpado por ter "marrido e ensinado" a doutrina copernicana.
<http://www.ca2000pt.com/educativo/historia/artigos/renascim/renascim.htm>

34

Vale a pena conhecer mais um trecho de "Poema para Galileu", do poeta português Antônio Gedeão

Observe a forma como o poeta fala, às vezes com ironia, dos juizes eclesiásticos que julgaram Galileu!

35

Ai, Galileu!
 Mal sabiam os teus doutos juizes, grandes senhores deste pequeno mundo, que assim mesmo, empertigados nos seus cadeirões de braços, andava a correr e a rolar pelos espaços à razão de trinta quilômetros por segundo.

Tu é que sabias, Galileu Galilei. Por isso eram teus olhos misericordiosos, por isso era teu coração cheio de piedade, piedade pelos homens que não precisam sofrer, homens ditosos a quem Deus dispensou de buscar a verdade.

Por isso, estoicamente, mansamente, resististe a todas as torturas, a todas as angústias, a todos os contratempos, enquanto eles, do alto inacessível das suas alturas, foram caindo, caindo, caindo, caindo, caindo sempre, e sempre, ininterruptamente, na razão direta dos quadrados dos tempos.

O poema completo pode ser encontrado no site:
<http://minerva.ufpel.edu.br/~histfis/poemas.htm>

36

- Só muitos e muitos anos depois, a Igreja procurou corrigir o seu ato.
- Em 1893, o papa Leão XIII adotou o sistema proposto por Galileu e, pasmem, só em 1992, o papa João Paulo II reconheceu oficialmente o erro.
- João Paulo II afirmou que a condenação de Galileu ocorrera devido a "uma trágica e recíproca incompreensão".
- Portanto, Galileu foi absolvido por ter defendido a idéia de que a Terra se move ao redor de si mesma e ao redor do Sol, 350 anos após sua morte.



Galileu no Tribunal da Santa Inquisição
<http://www.escritas.com.br/colchete/colchete.asp?acao=se.galileu.htm>



Papa Leão XIII
http://pt.wikipedia.org/wiki/Papa_Le%C3%B3 XIII



Papa João Paulo II
<http://www.escritas.com.br/colchete/colchete.asp?acao=se.galileu.htm>

Clique na figura acima e assista a um filme sobre Galileu (Extraído de Filho, 2005)

37



Diálogo

- Em 1632, Galileu publica seu livro "Diálogo Sobre os Dois Máximos Sistemas do Mundo Ptolomaico & Copernicano".
- O livro é uma novidade em vários sentidos.
- Naquele tempo, a maioria dos livros era escrita em latim, mas Galileu escreveu o *Diálogo* em italiano, pois queria que todos lessem e entendessem sua obra.
- Por isso ele é considerado como sendo o primeiro divulgador da ciência.
- Certamente é um livro diferente de todas obras científicas que vocês já ouviram falar, pois, como o próprio título afirma, é um diálogo levado entre três homens: Salviati, Sagredo e Simplicio.



O Diálogo – Livro de Galileu
<http://www.escritas.com.br/colchete/colchete.asp?acao=se.galileu.htm>

39

Diálogo

- Além de seu valor literário como exemplo máximo do barroco italiano, o "Diálogo" é reconhecidamente um clássico da literatura polêmica científica e filosófica.
- Galileu nessa obra, move uma violenta oposição à concepção tradicionalista do saber, combatendo a cosmologia teológico-filosófica tradicional, a astronomia ptolemaica e o modo tradicional de conceber a aplicação da matemática à astronomia e, em geral ao estudo da natureza.
- Evidentemente o "Diálogo" não possui apenas o caráter opositivo ou retórico (...), ele possui também um caráter constitutivo e inovador pelo qual é considerado, pela unanimidade dos intérpretes, um marco no surgimento da ciência moderna.

Galileu, 2001, p.12

40



http://educar.sc.usp.br/sam/proj_roteiro.htm

O que acontece com a velocidade inicial da bola?

49



http://educar.sc.usp.br/sam/proj_roteiro.htm

Quando a bola está subindo, a sua velocidade inicial (na vertical) vai diminuindo até atingir um valor mínimo no ponto mais alto da trajetória (vértice da parábola) e vai aumentando quando está descendo até atingir o solo (alcance da bola).

Acontece o mesmo com a bola (acima) e com a bala de canhão (ao lado).

<http://geocities.yahoo.com.br/salade fisica6/cinematica/obliqua.htm>

50

Por que a velocidade da bola tem esta variação?

51

Gravidade

- A força peso atua na vertical de cima para baixo, imprimindo à bola uma aceleração denominada aceleração da gravidade.
- Esta aceleração, para corpos próximos à superfície da Terra, vale aproximadamente 10 m/s^2 (ou $9,8 \text{ m/s}^2$ para ser mais preciso).
- É esta aceleração, que para simplificação denominamos "g", que aumenta a velocidade dos corpos em queda livre em 10 metros por segundo em cada segundo de queda.
- Em outras palavras, ao final do primeiro segundo a velocidade será de 10 metros por segundo, no final do segundo segundo será de 20 metros por segundo, e assim por diante.
- Quando temos o ar, este freia a queda do corpo e Galileu sabia disso, por isso tentou imaginar o que acontecia se não tivéssemos a resistência do ar.



<http://geocities.yahoo.com.br/salade fisica6/cinematica/queda livre.htm>

52

- Todo e qualquer corpo que estiver em queda estará sob a influência da aceleração da gravidade.
- Como concluiu Galileu, quando o ar não existir e os dois corpos de massas diferentes, um bem maior que o outro, forem largados da mesma altura, como o ar não os freará, os dois tendo a mesma aceleração (a da gravidade) chegarão ao solo juntos, no mesmo instante.




<http://geocities.yahoo.com.br/salade fisica6/cinematica/queda livre.htm>

53

Quando a bola está subindo, a força peso, sendo para baixo, faz com que a velocidade diminua (movimento retardado) e quando a bola está descendo, a força peso, atuando no mesmo sentido, faz com que a velocidade aumente (movimento acelerado).



Bola subindo- movimento retardado

Bola descendo- movimento acelerado

54

Como é a trajetória de uma bala de canhão?



http://geocities.yahoo.com.br/salade fisica6/dinami ca/cao_e_relevo.htm

55

- Na direção horizontal, a bala (desprezando a resistência do ar) conserva a velocidade inicial que sai do canhão.
- Na direção vertical aplicar-se-ia a lei da queda dos corpos, mesmo quando a bala de canhão está no ponto mais alto da sua trajetória.
- Combinando estes dois tipos de movimento e recorrendo à matemática, Galileu mostrou que a trajetória de qualquer projétil perto da superfície da Terra era uma parábola.
- Galileu descobriu de que a inércia (tendência de um corpo em manter a mesma velocidade) combinada com a gravidade (representada pela sua lei da queda livre) produz trajetórias parabólicas nas proximidades da superfície da Terra.
- Esta descoberta foi o ponto de partida para Isaac Newton, mais tarde, mostrar como o universo trabalha.

Observe que a velocidade para cima diminui até o ponto mais alto. Na descida esta velocidade aumenta. A velocidade para frente não muda. A trajetória parabólica aparece por causa da combinação dessas duas velocidades

<http://geocities.yahoo.com.br/salade fisica6/cinematica/obliqua.htm>

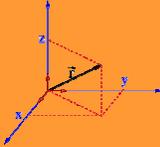
56

Galileu e Descartes

- Os eventuais problemas de Galileu com a Igreja acabaram tirando da Itália a revolução científica, que foi para a Inglaterra, sendo estabelecida por Isaac Newton.
- No entanto esta história ainda tem a contribuição de René Descartes.
- O sistema de coordenadas x-y-z foi imaginado por ele e por isso leva o seu nome: coordenadas cartesianas.



René Descartes (1596 - 1650)
<http://geocities.yahoo.com.br/salade fisica/fis/estruturasdescartes.htm>



Coordenadas Cartesianas
<http://donaif.com.br/~brunomendes/mod2.html>

57



Isaac Newton

<http://geocities.yahoo.com.br/salade fisica?foto=newton.jpg>

A cartada final para a formulação da teoria científica que possibilitou ao homem colocar um satélite em órbita na Terra estava reservada para Isaac Newton. Abra o arquivo:

"4 - Como colocar um satélite em órbita - Newton"

e descubra como se coloca uma máquina para orbitar nosso planeta.

59

- A versão da inércia de Galileu funcionava apenas na direção horizontal.
- Mas, quando generalizado a toda a superfície da Terra, o movimento horizontal reto transformava-se em movimento circular em torno do centro da Terra.
- Apesar de sua inteligência viva, Galileu não podia evitar completamente este ideal platônico remanescente e formulou uma espécie de inércia circular.
- Quem foi mais bem sucedido ao pôr tudo isto em ordem foi Descartes.
- Ele deu à lei da inércia a forma adotada por Newton: *na ausência de forças externas, um corpo em repouso permanecerá em repouso e um corpo em movimento permanecerá em movimento uniforme e retilíneo.*



<http://www.geocities.com/brunomendes/mod2.html>

Um menino andando de bicicleta colide com um obstáculo e salta para cima. Como tem a tendência de permanecer no movimento, ultrapassa a parede. O mesmo ocorre com uma pessoa que não usa o cinto de segurança e sofre um acidente. Ela continua o movimento em direção ao painel e ao vidro do carro. Uma moeda em cima de uma folha de papel sobre um copo tende a continuar em repouso, por isso quando a pessoa puxa com rapidez a folha, a moeda cai dentro do copo.

58

**Slides da apresentação 4 - Como colocar
um satélite em órbita - Newton
CD – 01**

Isaac Newton



<http://geocities.yahoo.com.br/silade fisica3/fotos/newton.jpg>

A natureza e suas leis ocultavam-se nas trevas. Deus disse: "Que Newton exista" e a luz foi feita.

Alexander Pope, escritor inglês

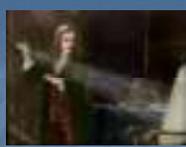
1

- Isaac Newton deve ter nascido em 1642, o ano da morte de Galileu, como se fosse necessário que gênios de tal envergadura estivessem sempre presentes na Terra.
- Newton nasceu prematuro e seu pai (também chamado Isaac Newton) morrera três meses antes de conhecer o filho.
- O novo Isaac era uma criança frágil, que não parecia destinada a viver durante oitenta e quatro anos.



Isaac Newton
<http://astro.if.usp.br/bioib/newton.htm>

2



<http://astro.if.usp.br/bioib/newton.htm>

- A mãe de Newton esperava que ele viesse a gerir as propriedades deixadas pelo seu segundo marido, que morreu quando Isaac tinha 11 anos.
- De fato, se o pai de Isaac não tivesse morrido, ou se o seu padrasto tivesse sido uma pessoa mais simpática, Isaac poderia ter-se transformado num grande e próspero proprietário.
- Mas esse destino não se cumpriria.
- Em vez disso, veio a ser um homem cujo gênio violento muitas vezes se transformava em total insanidade e que no fim da sua vida se gabava de ser virgem, mas transformou a história da humanidade como poucos o fizeram.

3

- Em 1661 o jovem Isaac matriculou-se no Trinity College, em Cambridge, onde Aristóteles ainda encabeçava o currículo, mas onde também pairava no ar a revolução científica.
- Newton recebeu o seu diploma em 1665 e partiu logo para a propriedade familiar em Lincolnshire para escapar à peste bubônica.
- Pensa-se que fez muitas das suas importantes descobertas durante os dois anos que passou na propriedade de sua família, mas o mundo só ouvia falar delas bem mais tarde.

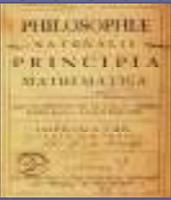




Trinity College, em Cambridge
<http://geocities.yahoo.com.br/silade fisica3/biografias/newton.htm>

Trinity College hoje
http://pt.wikipedia.org/wiki/Trinity_College

4



- A mais importante das numerosas obras de Newton foi a formulação de um conjunto de princípios dinâmicos que viriam a substituir a cosmologia aristotélica.
- Em 1687, quando publicou a sua obra maior, os *Principia*, apresentou as três leis, acrescidas de um conjunto de definições e corolários.

<http://www.upf.edu/materials/ihum/r/evolucao/principia/biografias/paginas/mas/newton3.htm>

5

- As três leis de Newton são os princípios dinâmicos que substituem os «movimentos naturais» e os «movimentos violentos» da mecânica aristotélica.
- Estas três leis se aplicam a todas as forças e a todos os corpos
- Newton descreveu uma espécie particular de força que atua entre o Sol e os planetas e entre os planetas e as suas luas - ou, na verdade, entre quaisquer duas porções de matéria no universo.
- Demonstrou Newton que suas três leis, combinadas com a força da gravidade, davam origem às órbitas elípticas dos planetas.




http://pt.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton

Casa de Newton em Londres
<http://geocities.yahoo.com.br/silade fisica3/biografias/newton.htm>

- Isaac Newton inventou também o cálculo diferencial e integral.
- Há poucas dúvidas de que tenha usado estes poderosos instrumentos matemáticos analíticos para fazer as suas maiores descobertas.
- No entanto, quando escreveu os Principia, não tinha ainda feito publicar o cálculo.
- Mais tarde haveria uma disputa bem desagradável pela propriedade do cálculo entre Newton e o filósofo e matemático alemão Gottfried Leibniz, que, independentemente, fez as mesmas descobertas matemáticas.



$\int_a^b f(x) dx$

Cálculo integral conforme a notação de Leibniz
<http://www.scribd.com/doc/111111111/Calculo-Integral-Notacao-Leibniz>

Leibniz
http://en.wikipedia.org/wiki/Gottfried_Leibniz

7





<http://www.feynman.org/>

<http://www.einstein.org/>

<http://www.hawking.org/>

Richard Feynman, físico norte-americano nasceu em 1929, ganhou o prêmio Nobel de Física em 1965 e morreu em 1988. Extrovertido e espirituoso, esteve no Brasil e tocou percussão em escola de samba do Rio de Janeiro.

- Muitos anos depois, Feynman estaria suficientemente intrigado para inventar a sua própria prova geométrica da lei das órbitas elípticas. «Não é fácil usar o método geométrico para descobrir coisas», disse ele na sua lição sobre esta matéria, «mas a elegância das demonstrações depois de as descobertas terem sido feitas é, na realidade, muito grande.»
- Tornou-se famosa a citação de Isaac Newton: «Se eu vi mais longe, foi porque me pus aos ombros de gigantes.» Os gigantes eram Copérnico, Brahe, Kepler, Galileu e Descartes.
- Até Newton o colapso da visão aristotélica deixara no seu rastro apenas rumores de confusão, sem a mais remota sugestão do modo como substituí-la.

8

- Cada um dos gigantes de Newton colocou no lugar um pedaço do edifício ou uma peça do andaime, mas a forma e a concepção da estrutura final não eram visíveis.
- Descartes julgou tê-la vislumbrado, mas estava enganado.
- Então apareceu Newton e, subitamente, o mundo tornou-se de novo ordenado, previsível e compreensível.
- Newton concebeu como ele funcionava e a prova de que tinha razão foi a sua demonstração da Lei das Elipses de Kepler.

Os "gigantes de Newton"

Copérnico Tycho Brahe Kepler Galileu Descartes

As Leis de Newton

A Primeira Lei de Newton é o Princípio da Inércia, herdado de Galileu e de Descartes

Galileu Galilei (1564-1642) René Descartes (1596-1650)

<http://www.fortunecity.com/laborio/aeroyal/m/272/galileu.htm> <http://www.ufm.edu/tesard/dep/4/esarte.htm>

PRIMEIRA LEI

☛ *Todo corpo permanece em estado de repouso ou em movimento uniforme em linha reta, a menos que seja obrigado a mudar esse estado devido a forças que sobre ele atuem.*

Um menino andando de bicicleta colide com um obstáculo e salta para cima. Como tem a tendência de permanecer no movimento, ultrapassa a parede. O mesmo ocorre com uma pessoa que não usa o cinto de segurança e sofre um acidente. Ela continua o movimento em direção ao painel e ao vidro do carro. Uma moeda em cima de uma folha de papel sobre um copo tende a continuar em repouso, por isso quando a pessoa puxa com rapidez a folha, a moeda cai dentro do copo.

<http://geocities.yahoo.com.br/salade/fisica/dinamica/1/necaia.htm>

Interprete a queda do ciclista:

http://www.admora.com.br/verdad_teorico/queda/ciclista_jd.htm

No caso de um carro que se movimenta com velocidade constante e em linha reta, a força que o motor faz só serve para vencer o atrito. A força do motor (para frente) e a força de atrito (para trás) se anulam e o carro segue em movimento retilíneo uniforme.

<http://educar.sc.usp.br/fisica/dinamico.html>

A segunda lei de Newton, a verdadeira chave-mestra da sua dinâmica, diz o que acontece a um corpo quando sobre ele atua uma força resultante.

SEGUNDA LEI

A alteração do movimento é proporcional à força imprimida e faz-se na direção e no sentido da força.

O corpo de menor massa que recebe a mesma força adquire maior aceleração.

<http://geocities.yahoo.com.br/salade/fisica/dinamica/segundalei.htm>

Nos *Principia*, Newton definiu quantidade de movimento como o produto da velocidade (isto é, velocidade mais direção mais sentido) pela quantidade de matéria (ou seja, a massa). Ele então afirmou que força é a variação da quantidade de movimento dividida pelo tempo.

Muito depois da morte de Newton, a segunda lei foi sintetizada na equação $F = ma$ (força resultante igual à massa vezes aceleração); no entanto, Newton nunca a apresentou dessa forma.

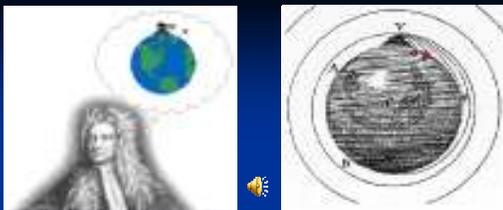
TERCEIRA LEI

Toda ação tem uma reação igual e oposta, ou as ações mútuas de dois corpos um sobre o outro são sempre iguais e dirigidas às partes contrárias.

http://geocities.yahoo.com.br/salade/fisica/dinamica/acao_e_reacao.htm

O canhão empurra a bala para frente e a bala o joga para trás. Uma pessoa em cima de uma canoa tenta se propellar para um lado e a canoa vai para o outro. O foguete faz a ação de empurrar os gases da combustão para baixo e os gases fazem a reação, que é forçar o foguete para cima.

Esta lei é conhecida como a Lei da ação e reação.



<http://pt.wikipedia.org/wiki/Planeta> <http://www.fhnw.ch/lehre/physik/lehre/161/kech/astro/grav.html>

- Ele imaginou um canhão capaz de lançar projéteis a grandes distâncias.
- Concebeu este canhão colocado em cima de uma montanha e supôs que a resistência do ar fosse desprezível.
- Se o canhão dispara um projétil com uma certa velocidade, a bala descreverá um percurso chamado de “movimento balístico” (como descrito por Galileu) no qual o projétil perde altitude até cair na Terra.

25



<http://pt.wikipedia.org/wiki/Planeta> <http://www.fhnw.ch/lehre/physik/lehre/161/kech/astro/grav.html>

- Depois, Newton imagina o projétil sendo lançado com uma velocidade inicial cada vez maior, refazendo este procedimento até que, para uma certa velocidade inicial, o projétil entra em órbita.
- Digamos que o projétil quer continuar descrevendo o movimento balístico, mas não há como, pois “ele não alcança mais o chão”, a Terra teria que ser um pouco maior.
- Isto significa que a velocidade para entrar em órbita em planetas maiores que a Terra terá que ser bem maior, até porque a força da gravidade de um planeta é proporcional à sua massa.

26

- Aumentando-se a velocidade de lançamento do projétil faz-se com que este percorra distâncias cada vez maiores, até que para uma certa velocidade ele acaba circulando a Terra.
- Essa velocidade tem o mínimo valor necessário para o projétil entrar em órbita.
- Se este valor for ultrapassado, o projétil pode ter uma órbita maior ou até mesmo “perder” o contato gravitacional com a Terra e sair viajando pelo espaço.
- Neste movimento só atua a força da gravidade e é justamente essa força que faz com que o projétil descreva uma órbita ao redor da Terra.



<http://www.phy.nyu.edu/tw/nima/ava/viewtopic.php?t=291>

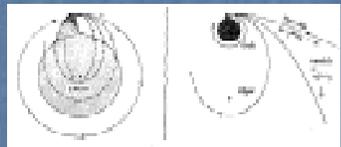
27

- Se a bala fosse apenas solta, cairia verticalmente em direção ao centro da Terra.
- Conforme sua velocidade (que é tangencial em relação à Terra) fosse sendo aumentada, seguiria a trajetória de um segmento de curva, atingindo o solo cada vez mais longe.
- A uma velocidade ainda maior, sua trajetória não mais seria interceptada pela Terra e a bala entraria em órbita.



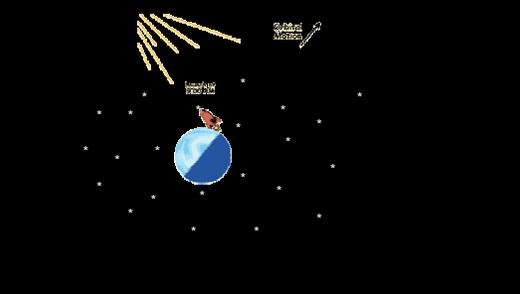
28

Conforme a velocidade for aumentada mais ainda, sua trajetória será um círculo, depois uma elipse, para finalmente, quando a velocidade for 41% maior que a velocidade de órbita circular, o projétil seguirá uma trajetória de escape da gravidade terrestre, para nunca mais retornar.



Quando a bala é atirada com uma velocidade baixa, tenta estabelecer uma elipse, com o centro da Terra em um dos focos (figura da esquerda). Se a bala atinge a velocidade orbital, se movimentará em círculo em torno da Terra. À medida que a velocidade da bala vai sendo aumentada, vai descrevendo uma órbita elíptica cada vez mais alongada, até se desprender de vez da Terra, descrevendo hipérbole ou parábola rumo ao “infinito” (figura da direita).

29



Observe o foguete da animação aumentando cada vez mais sua velocidade até escapar da gravidade terrestre e seguir rumo à Lua.

http://spaceplace.jpl.nasa.gov/en/kids/ds1_mar.shtml

30

A famosa equação

- Mesmo antes de Newton, já se acreditava numa força entre o Sol e os planetas que decrescia com o quadrado da distância, ou seja, uma força que diminuía quatro vezes (2²) quando a distância entre os astros era dobrada ou quando os corpos celestes ficavam três vezes mais longe, a força diminuía nove (3²) vezes e assim por diante.
- Apesar de acreditarem no inverso do quadrado da distância, nenhum cientista tinha conseguido chegar a uma equação que descrevesse o movimento planetário ou possibilitasse colocar um objeto em órbita na Terra.
- Foi Newton que, a partir de sua Segunda Lei (F = m.a) combinada com a Terceira Lei de Kepler (T²/r³ = constante), chegou lá.



<http://www.geocities.com/CapeCanAverall/Hall/1018/11scen.html>

F quer dizer força de atração gravitacional, M significa a massa de um astro (a Terra por exemplo), m quer dizer a massa de outro corpo (que pode ser a Lua, um satélite artificial, etc) e r a distância entre o centro de massa desses dois corpos.

Para se encontrar a distância (r) que um satélite se encontra da Terra, basta somar o raio (R) da Terra com a altura (h) que se encontra o satélite.

31

A famosa equação



F quer dizer força de atração gravitacional, M significa a massa de um astro (a Terra por exemplo), m quer dizer a massa de outro corpo (que pode ser a Lua, um satélite artificial, etc) e r a distância entre o centro de massa desses dois corpos.

Para se encontrar a distância (r) que um satélite se encontra da Terra, basta somar o raio (R) da Terra com a altura (h) que se encontra o satélite.

Esta equação se aplica a quaisquer dupla de corpos no universo. A força gravitacional F que atua sobre algo é a mesma coisa que seu peso.

$$F = G \frac{Mm}{r^2}$$

G é a constante de gravitação universal e vale $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$

Notem que, nesta equação de Newton, como previam seus antecessores, a força gravitacional (F) é inversamente proporcional ao quadrado da distância.

32

Observe que, como conseqüência da descoberta da equação, Newton conseguiu determinar a aceleração da gravidade (g) na superfície da Terra.

$$F = \frac{GM}{R^2} m = gm$$

Se, como na equação acima, multiplicarmos a constante de gravitação universal G pela massa da Terra M e dividirmos pelo quadrado de seu (R) da Terra, encontraremos g , ou seja, $9,8 \text{ m/s}^2$.

33

Velocidade de Escape

- Se atirmos uma pedra para cima ela "sobe" e depois "desce", certo?
- Nem sempre! Se atirmos um corpo qualquer para cima com uma velocidade "muito" grande, esse corpo "sobe" e se livra do campo gravitacional da Terra, não mais "retornando" ao nosso planeta.
- A velocidade mínima para isso acontecer é chamada de velocidade de escape.
- A velocidade de escape na superfície da Terra é 40.320 Km/h . Na superfície da Lua, onde a gravidade é mais fraca, é 8.568 Km/h e na superfície gasosa do gigantesco Júpiter é 214.200 Km/h . (<http://www.observatorio.ufrj.br/bras/Brasil/>)

$$\frac{1}{2} m_1 v_e^2 = \frac{m_1 m_2 G}{R}$$

$$v_e = \sqrt{\frac{2Gm_2}{R}}$$

Para encontrar o valor da velocidade de escape, basta igualar a energia cinética à gravitacional.

34

O que acontece quando a velocidade de escape é maior que a velocidade da luz?

- Quando a velocidade de escape de um corpo celeste é superior à velocidade da luz, chamamos este corpo de buraco negro, que produz um campo gravitacional tão forte que nem a luz consegue escapar.
- Por isso nós o vemos negro, já que a luz não consegue sair dele para chegar até nós.
- O diâmetro do Sol é mais de 100 vezes o diâmetro da Terra. Ele se transformaria em um buraco negro caso se contraísse a um diâmetro menor que 6 Km. (<http://www.observatorio.ufrj.br/bras/Brasil/>)

Buraco negro (arte)
<http://www.observatorio.ufrj.br/bras/Brasil/>

35

Além de descrever o movimento dos corpos celestes, a Gravitação newtoniana explicou, de quebra, o fenômeno das marés

Maré baixa Maré alta

As duas fotos foram tiradas do mesmo lugar, em momentos diferentes

36

- O nível do mar sobe e desce devido à influência gravitacional do Sol e principalmente da Lua sobre as águas.
- Na animação ao lado, tem-se uma representação da Lua girando em volta da Terra. Onde você vê a coluna de água mais grossa, a maré está alta. As partes do planeta que não estão na direção da Lua, estão com maré baixa.

Maré baixa Maré alta

<http://geocities.yahoo.com.br/salade fisica5/leituras/marés.htm>

37

O que aconteceria com a bala de canhão disparada do alto da montanha se não existisse a gravidade?

A bala não teria motivos para mudar de trajetória e passaria reto, ou seja, iria embora da Terra.

<http://geocities.yahoo.com.br/galileo/1.que-da-microgravidade.htm>

38

Os satélites estão caindo?

- Vejam a que conclusão incrível Newton chegou:
- Quando o projétil está em órbita terrestre é como se estivesse continuamente "caindo" em direção à Terra, sem nunca atingi-la, ou seja, o projétil que quer completar seu movimento balístico, fica constantemente caindo, mas nunca atinge o chão.
- Isto parece surrealista, mas é assim mesmo, os satélites que estão lá em cima estão sempre em queda livre.

Tanto os satélites naturais quanto os artificiais estão sempre caindo sem chegarem ao chão

39

- É por esse motivo que os astronautas e todo o resto das coisas dentro das espaçonaves em órbita da Terra flutuam – ficam aparentemente sem peso.
- Portanto, aparente ausência de peso dos astronautas, ou de qualquer corpo em órbita, deve-se ao fato de a gravidade puxá-los para baixo enquanto a sua inércia tenta mantê-los viajando em linha reta.
- Os astronautas nunca chegam ao chão porque, do ponto de vista da nave, que tenta mover-se em linha reta, a superfície da Terra também está constantemente caindo.

Clique no quadro acima e observe os efeitos da aparente falta de peso. Veja o que acontece com a água do balão. Na verdade a água tem peso mas como está em queda livre junto com tudo em sua volta, flutua em relação à nave.

40

- É justamente por tudo dentro da nave “estar em queda livre” que simula o estado de não ter ação da gravidade.
- Vejam que no ponto onde se encontram os satélites, a gravidade da terra continua agindo, mas é a constante queda livre que **simula** a falta de gravidade.
- A essa gravidade muito pequena chamamos de **microgravidade**.



<http://www.astro.com/fotohistoria/>

41

Forças de contato

- Vocês já devem ter sentido isso ao usar um elevador: quando este é acelerado rapidamente e começa a descer, a sensação que se tem é que vamos descolar do piso do elevador.
- A sensação de ausência de peso ocorre devido a inexistência de forças de contato, já que a gravidade não deixa de agir tanto neste elevador quanto no espaço onde se encontram as espaçonaves.
- Novamente, é a partir da mecânica de Newton que se entende à inexistência de forças de contato.



<http://www.astro.com/fotohistoria/>

O que são forças de contato?




<http://www.astro.com/fotohistoria/>

42

O que uma balança mede?

- Na verdade, uma balança não mede o peso P diretamente, mede a massa, valendo-se do peso do corpo.
- Ela mede a força que Newton chamou de Normal (\vec{N}).
- Força Normal é a força de contato entre, por exemplo, uma pessoa e a superfície da balança.
- No equilíbrio, ou seja, se a pessoa está quieta sobre a balança, a segunda lei de Newton nos diz que: $\text{Peso Real} - \text{Normal} = 0$ e portanto a normal é igual ao peso $N = P$.
- Desta forma, medindo-se a Normal, estamos medindo o Peso.
- É claro que se você não ficar quieto sobre a balança ela não indicará seu peso corretamente.

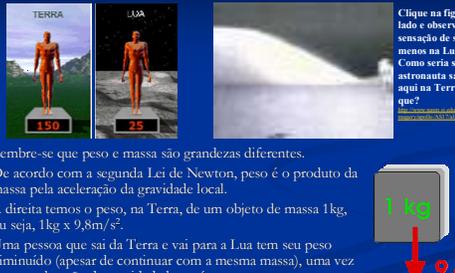


Sobre a mesa, um objeto com as indicações das forças Peso e Normal. Ao centro, uma das primeiras balanças inventadas. À direita, uma moderna balança. Imagine esta moderna balança no piso de um elevador. Ela indicaria um peso maior ou menor de uma pessoa se este elevador estivesse descendo aceleradamente?

<http://aco.citica.ufrj.br/~aco/defis/cad/>

44

Lembrete



Clique na figura ao lado e observe a sensação de se pesar menos na Lua. Como seria se este astronauta saltasse aqui na Terra? Por que?

- Lembre-se que peso e massa são grandezas diferentes.
- De acordo com a segunda Lei de Newton, peso é o produto da massa pela aceleração da gravidade local.
- À direita temos o peso, na Terra, de um objeto de massa 1kg, ou seja, $1\text{kg} \times 9,8\text{m/s}^2$.
- Uma pessoa que sai da Terra e vai para a Lua tem seu peso diminuído (apesar de continuar com a mesma massa), uma vez que a aceleração da gravidade lunar é menor que a terrestre. Veja a figura do canto superior esquerdo.

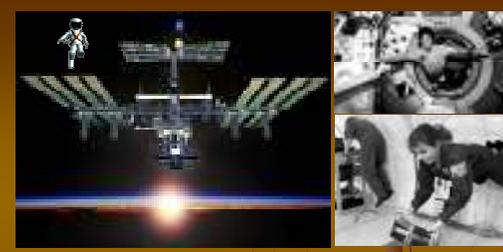
45

Voltando ao assunto:

- Se você colocar uma balança no piso de um elevador, se este estiver subindo aceleradamente, seu “peso” marcado pela balança será maior que seu peso real, se ele estiver descendo acelerado, seu “peso” será menor.
- Se o elevador estiver caindo (em queda livre), seu “peso” será zero, em outras palavras, **aparentemente** você não pesa nada.
- Note então que a Terra continuará te atraindo da mesma forma, mas a balança não conseguirá medir essa força porque ela se baseia na medição da força de contato, que nesse caso é nula.



46



- O mesmo que ocorre num elevador em queda livre, acontece numa nave espacial em órbita na Terra.
- A balança marca “peso” nulo para qualquer coisa na nave espacial, uma vez que tudo nela, inclusive os astronautas está em queda livre.

47

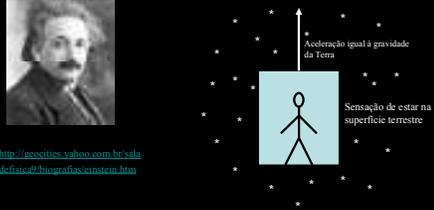
- Numa nave em órbita, o peso aparente é nulo, mas o peso real (a força da Terra) continua existindo.
- Einstein, com sua Teoria da Relatividade Geral, mostrou a correspondência entre aceleração e gravidade.
- Se você estivesse no espaço vazio, longe da força gravitacional, dentro de uma caixa fechada e essa caixa tivesse uma aceleração de $9,8\text{m/s}^2$, você teria a impressão de estar na gravidade da Terra.



Albert Einstein (1879 - 1955)
<http://aco.citica.ufrj.br/sala-de-fisic@biografias.einstein.htm>

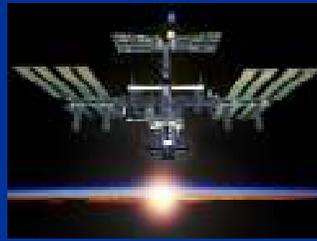
48

- Nenhum experimento que você fizesse dentro da caixa poderia provar que você não está submetido a gravidade, mas sim acelerado no espaço vazio.
- As duas situações seriam equivalentes do ponto de vista da física.
- Assim, de certa forma um elevador caindo na Terra equivale a um lugar sem gravidade.



<http://psocites.yahoo.com/brcsala/delstic@hugoboa.com.br>

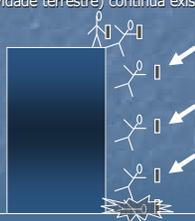
- A Terra atrai os corpos mesmo no espaço a não ser que estes sejam enviados para bem longe, onde a influência da gravidade da Terra é desprezível.
- Se a Estação Espacial Internacional, por algum motivo freasse, ela cairia ao encontro da Terra como uma pedra.



Estação Espacial Internacional
<http://www.astroia.com>
<http://fotohistoria.ig.br>

Não faça esta experiência!

- Se você pular de um edifício segurando um tijolo e durante a queda soltá-lo, você o verá "flutuando" ao seu lado.
- Ele está caindo com a mesma aceleração que você.
- É isso que acontece com os astronautas, todos estão caindo, mas ninguém atinge o solo.
- Numa nave caindo, o peso aparente é nulo, mas o peso real (a força da gravidade terrestre) continua existindo.




Ambiente de microgravidade
<http://psocites.yahoo.com/brcsala/delstic@hugoboa.com.br>

- O ambiente espacial é único devido à aparente ausência de efeitos gravitacionais.
- A esta aparente ausência, chamamos microgravidade.
- O ambiente de microgravidade nos permite observar e explorar fenômenos e processos em experimentos científicos e tecnológicos que seriam mascarados sob a influência da gravidade terrestre.
- A condução de experimentos num ambiente de microgravidade possibilita um melhor entendimento do fenômeno, e o posterior aperfeiçoamento na Terra, de processos físicos, químicos e biológicos.

Microgravidade



TCR 00:03:53:05
PLAY LOCK

Extraído de Filho, 2005

Aparente falta de peso



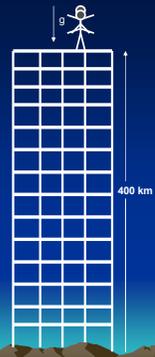
TCR 00:03:05:09
PLAY LOCK

Extraído de Filho, 2005



<http://spaceplace.jpl.nasa.gov/enkido/orbita1.shtml>

- A exposição de longa duração a uma gravidade quase nula, é uma situação que não pode ser reproduzida na superfície da Terra.
- A gravidade é uma das quatro forças fundamentais da física (sendo as outras a força eletromagnética, a força de ligação nuclear fraca e a força de ligação nuclear forte) e não pode simplesmente ser "desligada".



- A maioria dos veículos de acesso ao ambiente de microgravidade possuem órbitas entre 200 e 400 km de altitude.
- A estas distâncias a aceleração da gravidade é da ordem de apenas 10% menor do que aquela da superfície da Terra, isto é, o espaço em si, não é uma região livre de gravidade.
- Se pudessemos construir um prédio com 400 km de altura, os moradores de sua cobertura estariam firmemente fixados ao assoalho pela força gravitacional terrestre, ao invés de flutuarem livremente como os tripulantes de uma espaçonave orbitando na mesma altura.

Galileu e a Inércia

A força de atrito pode fazer algo parar de se movimentar
<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica/dinamica/atrito.htm>

- Galileu, entretanto, foi contra essa idéia de movimento ser um estado necessariamente forçado, argumentando que o livro só interrompeu seu deslizamento (vindo a parar) em razão da existência de atrito com a mesa.
- Se lançássemos o livro sobre uma mesa menos áspera, haveria menos resistência ao seu deslizamento.
- Se o seu lançamento ocorresse sobre uma mesa perfeitamente polida, livre de atritos, o livro manter-se-ia com mesma velocidade indefinidamente, sem a necessidade de estar sendo continuamente empurrado.
- Assim, como complementado por Descartes, todo corpo em repouso tende a permanecer em **repouso** e todo corpo em movimento tende a permanecer em **movimento retilíneo uniforme**.



65

- No cotidiano, notamos essa tendência de permanecer no mesmo estado de repouso ou movimento retilíneo uniforme.
- Se estivermos em repouso tendemos a permanecer parados, a não ser que uma força nos mova.
- Estando em movimento em linha reta, continuaremos assim, a não ser que uma força que sobre para um dos lados (ou força resultante) nos faça mudar de estado.



66

- Imagine uma pessoa de pé no interior de um ônibus parado.
- Quando este veículo arranca, o passageiro tende a permanecer em repouso em relação ao solo terrestre, por causa da inércia. Como o ônibus vai para frente, a pessoa que não estava se segurando cai para trás, ou seja, o ônibus vai e a pessoa fica.
- Agora, se o ônibus estivesse em movimento e de repente freasse, a pessoa cairia para frente, isto é, ela continuaria a se movimentar em relação ao solo, mesmo depois da freada do ônibus.

Este passageiro não caiu porque estava segurando
<http://www.geocities.com/saladefisica/dinamica/inercia.htm>



67

A lei da inércia segundo Garfield

Newton disse que um corpo permanece em repouso ...



se não houver nada que possa tirar-lo deste estado, ou seja, alguma interação que produza um efeito sobre o corpo.

Mas também permanece em movimento ...



constantemente, sem a necessidade de um quantidade de movimento que se encontre algo com que interagir.

Onde vocês foram criados, num paiol? Da próxima vez usem a porta.

Obrigado.

68

A lei da inércia segundo Garfield

As vezes não percebemos que estamos em movimento ...



percebo quando e movimento é constantemente a velocidade, não podemos sentir se eu estivermos em estado de repouso.

Mas uma mudança brusca pode nos lembrar disso!



Somente quando estamos acelerados realmente sentimos algo que nos permite dizer que estamos em movimento.

69

- Se um corpo está em movimento circular uniforme (MCU) é porque uma força atua sobre ele, caso contrário seria retilíneo.
- Para que um corpo permaneça em MCU é necessário que sobre ele aja uma força de intensidade constante como a força da gravidade.



<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica/cinematica/circular.htm>
<http://www.usa.ut.pt/der/Fisica/circular.html>
<http://www.cocemusica.com.br/ebook/pages/7099.htm>

70

- Façamos um experimento de um balde cheio de água sendo girado por uma corda.
- Veja que não nos molhamos, ou seja, a água dentro do balde, apesar de estar sendo puxada com ele, pela corda, não cai sobre nós.
- Balde e água descrevem um movimento circular uniforme.
- A força que puxa o balde é a tensão na corda.

O que aconteceria se repentinamente parássemos de segurar a corda? Em outras palavras, qual a trajetória que o balde descreveria se soltássemos a corda?

Sairia da trajetória pela tangente. O mesmo aconteceria com a Lua se a gravidade terrestre pudesse ser desligada.




71

- Notem, portanto, que a força que puxa o objeto para o centro do movimento é a força na corda, ou seja, a tensão.
- No caso do projétil imaginado por Newton a força da gravidade da Terra é a força que faz com que o projétil descreva um MCU.
- É a força de tensão da corda presa ao balde de água, que se comporta como a força da gravidade.
- Portanto, é justamente da forma imaginada por Newton que satélites artificiais são postos em órbita terrestre.

Vejam a seguinte simulação de um MCU:
<http://www.fis.unb.br/simulacao/augusto/mcu.html>



<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica/gravitacao/gravitacao.htm>

72



▶ Tanto a força de tensão da corda que segura o balde quanto a força da gravidade (que vamos chamar de força peso, ou simplesmente P) têm uma característica em comum: apontam para o centro da trajetória circular.

▶ Todo corpo que se movimenta fazendo curva (como a Lua ou o balde que comentamos anteriormente) sofre esta força que, por apontar para o centro, é conhecida como *Força Centrípetra* (ou F_c).

▶ Podemos achar o valor da *Força centrípetra* (F) multiplicando a massa do corpo (m) por sua velocidade elevada ao quadrado (v^2) e dividindo pelo raio da trajetória (R).

$$F = m \frac{v^2}{R}$$

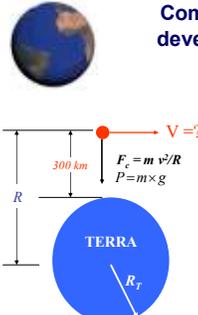
<http://sooofisica.yahoo.com.br/salade fisica/>

Agora que você já conhece o MCU, que tal conhecer também como se acha a velocidade que um satélite deve ter para entrar em órbita?

Para isso você precisa lembrar que, de acordo com a 2ª Lei de Newton ($F_c = m \times a$), o peso (P) do satélite é $P = m \times g$. Precisa saber também quem faz o papel de força centrípetra ($F = mv^2/R$) é o peso (P), então, essas duas forças têm o mesmo valor.



Com que velocidade um satélite deve entrar em órbita da Terra, a uma altura de 300 km?



$$P = F_c$$

$$m \times g = mv^2/R$$

Conseqüentemente: $v = \sqrt{R \times g}$

$$R = R_T + d \quad \begin{cases} R_T \approx 6.378 \text{ km} \\ R = 6.378 + 300 = 6.678 \text{ km} \end{cases}$$

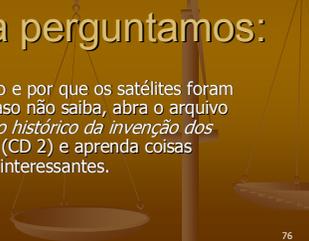
$$V = 7,7 \text{ km/s} = 27.816 \text{ km/h} \text{!!!!}$$

(Filho, 2005)

75

Agora que você já sabe como se coloca um satélite em órbita perguntamos:

Você sabe como e por que os satélites foram inventados? Caso não saiba, abra o arquivo "5 - Contexto histórico da invenção dos satélites" (CD 2) e aprenda coisas interessantes.



76

Referências bibliográficas (CD-01)

- COHEN, Bernard. **O nascimento de uma nova física**: De Copérnico a Newton. São Paulo: Editora EDART, 1967.
- COPÉRNICO, Nicolau. **Commentariis**. Introdução, tradução e notas, Roberto de Andrade Martins. 2ª edição. São Paulo, ed. Livraria da Física, 1990.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. **Satélites e suas Aplicações**. Fortaleza, 2005. Programa AEB-Escola, CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. **O Contexto Histórico da Corrida Espacial**. Fortaleza, 2005, Programa AEB-Escola, CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. **O Veículo Lançador de Satélites (VLS)**. Fortaleza, 2005. Programa AEB-Escola, CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. **Os Benefícios da Corrida Espacial para a Humanidade**. Fortaleza, 2005. Programa AEB-Escola, CD-ROM.
- GALILEI, G. **Diálogo sobre os dois máximos sistemas do mundo ptolomaico e copernicano**. Tradução, introdução e notas de Pablo Rubén Mariconda. São Paulo: Discurso Editorial, 2001.
- GOODSTEIN, J. R. & GOODSTEIN, D.L. **A lição esquecida de Feynman**. Lisboa, Editora Gradiva, 2002.
- NEWTON, Isaac. **Principia**: Princípios Matemáticos de Filosofia Natural. Tradutores diversos. 2ª Edição. São Paulo, Editora da USP, 2002. Livro I.
- PEDUZZI, Luiz O. Q. **Força e movimento**: de Thales a Galileu. Florianópolis, 1998.
- SOUZA, Petrónio Noronha de. **Satélites e Plataformas Espaciais**. Módulo I – AEB Escola.

77

**Slides da apresentação 5 - Contexto
histórico da construção dos primeiros
satélites
CD – 02**



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE FÍSICA
INSTITUTO DE QUÍMICA

MÓDULO DE ENSINO DE MECÂNICA NEWTONIANA COM USO DE ABORDAGEM CTS - HISTÓRICA

Produto final apresentado à Comissão Examinadora do Curso de Pós Graduação em Ensino de Ciências da Universidade de Brasília, como exigência parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências, sob a orientação da Professora Dr Erika Zimmermann.

RÓBER CARLOS BARBOSA DUARTE

BRASÍLIA, 2006

1

CONTEXTO HISTÓRICO DA INVENÇÃO DOS SATÉLITES

2



Agora que você já sabe para que servem os satélites artificiais, seria interessante que você entendesse o que acontecia no mundo quando eles foram inventados, ou seja, saber porque e como eles foram inventados.

3



Você sabe o que levou à invenção dos satélites artificiais? Ou melhor, você sabe o que estava por trás dessa invenção? Por que será que o homem queria ficar vendo a Terra de longe? Pense em respostas para essas perguntas.

4

- Os satélites acabam sendo resultado de um movimento social ocorrido na Rússia em 1917 que levou ao poder pela 1ª vez na história a classe operária, implantando o socialismo.
- Em outras palavras, a invenção dos satélites é fruto de disputas políticas, ideológicas e científicas entre socialistas e capitalistas, ou melhor, entre União Soviética e Estados Unidos ocorridas na segunda metade do século XX.
- Tudo começou com o final da Rússia Czarista, ou seja, começou com a Revolução Russa em 1917.



O último Czar - Nicolau II
http://pt.wikipedia.org/wiki/Nicolau_II
http://exibido/C15/A754/C26/A30_Russia_de_1917

5

RÚSSIA CZARISTA

POR MAIS DE dois séculos a Rússia foi parte do Império Mongol. Mas, no século XV, a Moscúvia (uma pequena região da Rússia que inclui Moscou) tornou-se poderosa o suficiente para desafiar a Horda Dourada. O príncipe moscovita Ivã, o Grande, recusou-se a pagar tributos aos mongóis. Mais tarde, Ivã IV expandiu o território moscovita. Como sugere seu apelido, Ivã, o Terrível, o primeiro czar de toda a Rússia, era mais temido do que amado.

CATEDRAL DE SÃO BASÍLIO
Essa igreja foi construída em 1552, em Moscou, para celebrar as vitórias de Ivã, o Terrível, sobre os turcos.



5

<http://www.escolavesper.com.br/graduaodescobertas/figuras/mussiaczarista.gif>

- Antes de 1917, a Rússia era uma monarquia governada pelos Czares.
- O termo Czar significa Imperador e teve origem no nome latino César.
- A revolução foi consequência da insatisfação com o Czarismo e do empobrecimento do povo russo.
- Os camponeses viviam numa situação de grande pobreza na Rússia czarista.
- Para uma pessoa adquirir terras para cultivo, era obrigada a pagar pesados encargos aos senhores do Estado.
- Isso fez com que muitas pessoas vivessem endividadas e, sem dinheiro para cultivar, elas não conseguiam produzir o suficiente para sustento de suas famílias (Clark, 1988).
- No fim do século XIX, o Czar iniciou um processo de industrialização na Rússia.



Ivan Grozny, o Terrível (1530-1584), o primeiro Czar
http://educacarterra.com.br/vu/histore/mundo/ivan_grozny.htm

7

- Ele (o Czar Nicolau II) sabia que sem indústrias, sua nação não conseguia competir com outros países da Europa.
- Os recursos para financiar as indústrias vieram de empréstimos estrangeiros e de um violento aumento dos impostos.
- Com a industrialização começou a surgir uma nova classe social na Rússia, a classe operária, tão explorada quanto os camponeses.
- Os operários cumpriam longas jornadas de trabalho por salários miseráveis, enquanto poucos aristocratas detinham a riqueza e o poder.



À esquerda membros da elite abastada. À direita, mulheres rumo ao trabalho
<http://www.bibvirt.futuro.usp.br/textos/humanas/historia/c2000/hisser29.pdf>

8

O massacre de São Petesburgo

- No ano de 1905 a pobreza na Rússia era muito grande.
- Em janeiro deste ano, camponeses e operários, liderados pelo padre Gapon da Igreja Ortodoxa, organizaram uma passeata em São Petesburgo.
- O povo acreditava que Nicolau II, o então czar, não sabia da situação de miséria e fome da população.
- Num clima de paz homens, mulheres e crianças desarmados foram às ruas cantando músicas religiosas, porém, considerando isso uma insolência, o czar ordenou um massacre.
- A cavalaria real avançou sobre a multidão pisoteando os manifestantes.
- A infantaria veio a seguir e atirou contra a multidão matando muitas pessoas e ferindo outras.



O massacre de São Petersburgo
<http://www.1917.com.br/revolucao/1905/19050101.htm>



Czar Nicolau II e sua família
<http://www.1917.com.br/revolucao/1905/19050101.htm>

9

Os sovietses

- Após o massacre, a Rússia foi sacudida por uma série de greves, revoltas e manifestações.
- Temendo perder o controle, o Czar Nicolau II promoveu uma reforma política instituindo um parlamento, que recebeu o nome de *Duma*.
- Aparentemente haveria uma divisão do poder, mas o Czar não estava disposto a repartir o governo e usou de sua força para que os deputados não tivessem voz própria, ou seja, forçou o parlamento a concordar com ele em tudo.
- A falsa abertura política promovida pelo Czar não convenceu a todos.
- Os representantes das classes operárias e agrárias reuniam-se clandestinamente em conselhos chamados *sovietses* para discutir a organização dos movimentos que, a essa altura, já haviam se espalhado por diversas regiões da Rússia.



Os Sovietses
<http://www.1917.com.br/revolucao/1905/19050101.htm>



Nicolau II - 1868-1917
<http://www.monnet.com.br/coluna/06/061211.htm>

10



Lenin
<http://www.atropomoderno.com/biografia/Lenin.html>



Lenin em 1887
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Lenin>

- ▶ Mesmo com severas perseguições ordenadas pelo Czar, a oposição se organizava.
- ▶ Os partidos políticos eram proibidos, mas apesar disso, eles existiam clandestinamente.
- ▶ O mais importante deles era o Social-Democrata, do qual fazia parte Vladimir Lênin, que se tornaria o principal líder da Revolução Russa.

11

- Após importantes debates, o partido Social-Democrata se dividiu em dois:
 - os *mencheviques* (que significa minoria) que defendiam uma revolução gradativa, mediante reformas políticas;
 - os *bolcheviques* (maioria) que tinham Lênin como principal integrante e pregavam que a revolução deveria começar imediatamente.



Libertação dos servos na Rússia czarista - 1861
Group of russian serfs and village of Goumist Gravaia, A. desconhecido, 1861
http://bild.in.pt/educacao_museu/monografia/imagens/07/61c76c_v38_1861_p187.html

12

A Primeira Guerra Mundial

- As articulações político-revolucionárias aconteciam mesmo contra a vontade do Czar.
- Enquanto isso, a população continuava na miséria. Camponeses e operários não tinham como prover suas necessidades básicas e ainda pagavam altos impostos.
- Para piorar ainda mais as coisas, o Czar Nicolau II resolveu levar a Rússia a participar da Primeira Guerra Mundial e seus soldados foram derrotados sucessivamente.
- A mobilização de 13 milhões de soldados para os combates agravou os problemas sociais da Rússia.
- Pessoas foram tiradas das atividades produtivas para compor o exército e o restante da população foi obrigada a um esforço extra para o sustento dos efetivos militares (Arruda e Piletti, p. 338).



Soldados nas trincheiras da Primeira Guerra
http://pt.wikipedia.org/wiki/Primeira_Guerra_Mundial



Avião de combate da Primeira Guerra Mundial
<http://www.warpage.com/primeira-guerra/>



Mapa da Europa às vésperas da Primeira Grande Guerra
<http://www.culturabrasil.org.br/primeiraguerramundial.htm>

14



Participação de trincheira na Arábia
<http://www.mundoem.com.br/tema/1/guerras/1m2.php>



Soldados guerreando nas trincheiras da Primeira Guerra
<http://www.1917.com.br/revolucao/1917/19170101/2009/v1/v1m2a/trincheira.htm>



Soldados nas trincheiras da Primeira Guerra
<http://www.mundodocaducacao.com.br/primeira-guerra-mundial/>

- De cada 20 soldados que morreram na guerra, 8 eram russos.
- Para escapar dos tiros de metralhadoras e defender o território, os soldados cavavam e se abrigavam em trincheiras.
- Por isso, a Primeira Guerra Mundial é chamada de "Guerra das Trincheiras".

15

- Com a guerra a situação do povo russo piora ainda mais.
- Em 8 de março de 1917 uma nova passeata nas ruas de São Petesburgo alcança mais sucesso que a anterior.
- Nessa marcha, os operários pediam comida. Estavam cansados de ver seus filhos passarem fome.
- O Czar ordenou novamente o exército abrir fogo contra a população, mas os soldados se recusaram e se uniram aos manifestantes.



Soldados atravessando um bosque destruído na Primeira guerra Mundial
<http://www.mundodocaducacao.com.br/primeira-guerra-mundial/>



Soldados austríacos.
<http://www.mundoem.com.br/crptologia/que-tras-1gm2.php>

16

Revolução de fevereiro

- Na expectativa de recuperar o poder à força, o Czar já sem apoio tentou dissolver a Duma.
- Os deputados não obedeceram e elegeram um governo provisório comandado pela burguesia russa, deixando de fora os bolcheviques.
- O Czar se viu então sem apoio do parlamento, do exército e do povo e não teve outra escolha a não ser abdicar do trono.
- Era o fim da dinastia Romanov da qual fazia parte o Czar Nicolau II.
- Estes acontecimentos ficaram conhecidos como Revolução de Fevereiro por iniciarem neste mês, do ano de 1917.



Estátua de Nicolau II destruída pelos revolucionários.
<http://www.fotohistoria.com.br/2013/03/02/1917-revolucao-de-fevereiro.html>

17

- Lênin e os bolcheviques, excluídos do governo provisório, não concordavam que o poder, sendo tomado de Nicolau II, deveria ser entregue as elites.
- Eles defendiam a imediata saída da Rússia da Primeira Guerra Mundial, a ruptura com o governo eleito pela Duma, a formação de um governo composto pelos soviets e a nacionalização das terras.
- O governo provisório fez algumas reformas importantes, mas a principal delas, que era de matar a fome do povo, ainda não havia sido cumprida.
- Por isso aumentavam a cada dia os seguidores de Lênin.



Líderes bolcheviques elaborando o manifesto de outubro
<http://www.terra.com.br/art/mundo/russia/1917>



A revolução nas ruas da Rússia
<http://paginas.terra.com.br/art/mundo/russia/1917.htm>

18

Lênin falando aos revolucionários




Lênin tinha uma boa oratória e muitos paravam para escutá-lo.

19

Revolução de novembro

- Apoiado por Trotsky, Lênin organiza a tomada do poder.
- Na noite de 6 de novembro de 1917 os bolcheviques, tomam o poder.
- Os marinheiros do Cruzador Aurora aderem ao movimento e abrem fogo contra o palácio de inverno, sede do governo provisório.
- Lênin triunfa a partir de seu lema "Paz, Terra e Pão". Afirma que a Rússia sairá da guerra (paz), promete fazer a reforma agrária (terra) e diz que não faltará mais comida para o povo (pão).
- Ele cumpre suas promessas e tira a Rússia da guerra, elimina os latifúndios, declara o monopólio estatal do sistema financeiro, do sistema de crédito e das exportações e decreta o controle operário sobre as fábricas.



Em 06 de novembro de 1917, as forças bolcheviques tomaram o poder na Rússia
<http://www.terra.com.br/art/mundo/russia/1917.htm>



Cruzador Aurora, navio que ajudou os bolcheviques a conquistar São Petersburgo, na época...
 ...e atualmente, como museu.
<http://www.terra.com.br/art/mundo/russia/1917.htm>

20

- Como consequência dessa revolução surgia a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS), o primeiro Estado no mundo a adotar o sistema socialista.
- A partir de então, grande parte da história do século XX seria marcada por uma profunda rivalidade entre o capitalismo e o socialismo, liderados respectivamente pelos Estados Unidos e pela Rússia (Divalte, 2002 p. 297)



Bandeira soviética
<http://www.educenet.net/revolucoes.htm>



Stalin, Lênin e Trótski
http://pt.wikipedia.org/wiki/Revolu%C3%A7%C3%A3o_Russa_de_1917



Moedor e martelo, o símbolo do socialismo russo

21

Revolução russa



Extraído de Filho, 2005

Qual a diferença entre comunistas e capitalistas?

- Para os comunistas (ou socialistas), a sociedade justa é a sociedade igualitária, em que o Estado é o dono dos bancos, das fábricas e das terras.
- É o Estado que deve distribuir as riquezas e garantir uma vida decente aos cidadãos; o bem público e coletivo deve ser colocado acima do bem privado e individual.
- Para os capitalistas, o raciocínio é o inverso.
- A felicidade individual é mais importante.
- O Estado justo é aquele que garante a cada indivíduo poder procurar livremente seu lucro e construir, desta forma, uma vida feliz.
- A solução dos problemas sociais vem depois.
- É por isso que a implantação internacional, em termos globais, de um dos dois sistemas, só poderia acontecer mediante o desaparecimento do outro. (Arbex, p.11)



Bandeira soviética



Bandeira americana

No século XX, os maiores representantes do comunismo e do socialismo eram a União Soviética e os Estados Unidos, respectivamente.

23



Karl Marx
<http://www.staespqisua.com/biografias/marx/>



Friedrich Engels
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/7/71/Engels.jpg>

- Como vimos, o principal líder dessa revolução foi Vladimir Lênin que, desde quando tinha dezoito anos de idade era opositor ao governo czarista.
- No exterior, se dedicou ao estudo das obras de Karl Marx e Friedrich Engels, retornou à Rússia, e, juntamente com Trotsky, liderou a revolução de novembro.
- Lênin governou a URSS até sua morte em 1924.

24

- A Rússia se retirou da Primeira Guerra Mundial antes que ela se acabasse, como vimos.
- Mesmo assim, a Tríplice Entente (formada por Inglaterra, França, Rússia e Estados Unidos, entre outros países) foi vitoriosa sobre a Tríplice Aliança (que tinha como principal integrante a Alemanha).
- A primeira Grande Guerra deixou cerca de oito milhões de mortos e vinte milhões de pessoas inválidas.
- Com a derrota alemã, os países vitoriosos elaboraram um documento conhecido como Tratado de Versalhes.
- Este documento estabelecia uma série de punições à Alemanha, que ficaria obrigada a pagar grande indenização aos países vencedores e diminuir o poderio de seu exército. (Cotrin, 1999 p. 344)



Monumento aos mortos da Primeira Guerra Mundial em Coimbra, Portugal
http://pt.wikipedia.org/wiki/Primeira_Guerra_Mundial



Grupo de soldados aliados comemora a vitória.
<http://www.bhviril.futuro.usp.br/textos/humanas/historia%2000/higer28.pdf>

25

- Quando pensamos nos "estragos" da guerra, não podemos nos furtar a refletir sobre: Existem vencedores e perdedores?
- Parece que a resposta correta é: só restam perdas.
- A guerra deixa como "prêmio" a todos os países envolvidos, grandes prejuízos financeiros, ruínas, crianças órfãs, pessoas mutiladas e traumatizadas.
- Se considerarmos que alguma nação ganhou com a Primeira Guerra Mundial, certamente foram os Estados Unidos que, após o término dos conflitos armados, despontou como a principal potência mundial.



Cena da Primeira Guerra Mundial, mostrando a devastação de um bosque.
<http://www.bhviril.futuro.usp.br/textos/humanas/historia%2000/higer28.pdf>



Londres destruída
<http://www.vesitatos.hpg.jg.com.br/2guerra.htm>

26

No próximo slide você vai ouvir "*A canção do senhor da guerra*", música de Renato Russo. Observe como este artista fala ao soldado.



Foto: <http://anbcekhymasky.com/liv/fun/huer3imed07.jpg>

27

A canção do senhor da guerra

Existe alguém esperando por você
Que vai comprar a sua juventude
E convencê-lo a vencer
Mas uma guerra sem razão
E já são tantas as crianças com armas na mão
Mas lhe explicam novamente que a guerra gera empregos
E aumenta a produção
Uma guerra sempre avança a tecnologia
Mesmo sendo guerra santa, quente, morna ou fria
Prá que exportar comida
Se as armas dão mais lucro na exportação?
Existe alguém que está contando com você
Prá lutar em seu lugar já que nessa guerra
Não é ele quem vai morrer
E quando longe de casa
Faltado e com frio o inimigo você espera
Ele estará com outros velhos
Inventando novos jogos de guerra
Que belíssimas cenas de destruição
Não teremos mais problemas com a super população
Veja que uniforme lindo fizemos pra você
E lembre-se sempre que Deus está do lado de quem vai vencer

Renato Russo





28



Soldados australianos numa trincheira no sector Ypres, França.
http://pt.wikipedia.org/wiki/Primeira_Guerra_Mundial



http://www.gueston.com.br/03Blog/04imagens/04a/numeros%2002/02a_02c.htm

- O exército norte-americano participou apenas do final da guerra, por isso ficou menos desgastado.
- Na primeira parte da guerra, enquanto aconteciam as batalhas na Europa, os Estados Unidos desenvolveram sua produção agrícola e industrial, exportando para os países combatentes.
- Ao final da guerra, a Europa devastada se tornou um grande mercado para a produção norte-americana. (Cotrin, 1999 p. 345) Além do mais, não aconteceram combates em território americano, o que protegeu a economia daquele país.

29

A crise de 1929

- Com a reconstrução pós-guerra dos países europeus, os Estados Unidos encontraram importantes mercados consumidores para sua produção.
- A medida que estes países foram se recuperando economicamente, passaram a restringir as importações para protegerem suas economias.
- Mesmo sem vazão para seus produtos, a atividade produtiva norte-americana não parou de crescer, portanto, os prejuízos foram inevitáveis.
- Em 1929 muitas empresas começaram a falir levando os Estados Unidos a uma profunda crise econômica que teve reflexos no mundo inteiro.
- O Brasil também foi afetado, pois, entre outras coisas, passou a ter dificuldades para vender sua grande produção de café.



Manchete de 1929

30



Depois da guerra, a sociedade alemã passou por um longo período de privações e miséria.
<http://www.bhviril.futuro.usp.br/textos/humanas/historia%2000/higer28.pdf>



Desempregados em Alemanha
<http://www.historianet.com.br/cont/aido/default.asp?codige=303>

- Na Europa, a crise de 29, também conhecida como "Grande Depressão", trouxe sérios problemas financeiros, desemprego e inflação.
- Essa crise acabou levando aos movimentos socialistas (a exemplo da Rússia) e de extrema direita como na Europa. Em toda parte surgiam movimentos extremistas.
- A crise foi o golpe final para a recuperação econômica da Alemanha e de outros países.
- Na Hungria, na Jugoslávia e na Romênia, a democracia imposta não trouxe a prosperidade que se esperava. (Brenner, 1999, p. 62)

31

- Motivados pela resolução dos problemas sociais gerados pela crise de 29, os comunistas acabavam propondo revoluções para erguer sociedades sem classes, semelhantes à União Soviética.
- A extrema direita defendia o fim da democracia e acreditava em Estados fortes capazes de enfrentar as frequentes crises econômicas.
- Quase sempre a base de apoio da ultradireita era formada por ex-soldados, furiosos por não terem encontrado emprego na volta à pátria após a guerra.
- O mais famoso desses ex-soldados seria um cabo austríaco que serviria no exército alemão, Adolf Hitler. (Brenner, 1999, p. 62)



Adolf Hitler na Primeira Guerra Mundial - Do lado esquerdo, por baixo da cruz branca
http://pt.wikipedia.org/wiki/Adolf_Hitler



Depois da guerra, a sociedade alemã passou por um longo período de privações e miséria.
<http://www.bhviril.futuro.usp.br/textos/humanas/historia%2000/higer28.pdf>

32

Hitler no poder



1 de Abril de 1933 - Os Nazis, recém-eleitos, organizam um boicote a todas as lojas e negócios pertencentes a Judeus na Alemanha, uma premonição do Holocausto. Neste cartaz lê-se: *Alemães, defendam-se! Não comprem aos Judeus!*
http://www.wikipedia.org/wiki/Adolf_Hitler

- Com a vitória dos nazistas nas eleições de 1932, Hitler é nomeado chanceler alemão, cargo equivalente ao de primeiro ministro.
- De posse do cargo, ele passou a comandar uma nação que, além de muita vontade de reconquistar o que havia perdido, possuía um imenso potencial científico.
- Mesmo antes da Primeira Grande Guerra, a Alemanha já se destacava nos mais variados campos das ciências e da filosofia.
- Havia condições especiais neste Estado para os cientistas desenvolverem bons trabalhos.
- Para entendermos um pouco do brilhantismo científico desta nação, precisamos voltar no tempo para conhecermos a formação do Império alemão, ocorrida ainda no século XIX.

41

Formação do Estado alemão

- "O império alemão começou a existir em 1871, com o formidável poder militar herdado da Prússia, o Estado fundador". (Medawar & Pyke, 2003 - p. 15)
- Otto von Bismarck, que liderava a Prússia, imprimiu seu caráter autoritário e militarista à nova nação alemã após três guerras, contra a Dinamarca, a Áustria e a França.
- A criação do Estado alemão foi marcada por uma onda de patriotismo e orgulho nacional influenciado, em grande parte, pela crença da população no sucesso de seu exército, outrora prussiano.



Exército prussiano



Otto von Bismarck

<http://www.gettyimages.com/detail/stock-photo/otto-von-bismarck>

42



Quadro de Wilhelm Camphausen (1818-1885) mostrando Napoleão e Bismarck na manhã seguinte à Batalha de Sedan.



Otto von Bismarck

http://pt.wikipedia.org/wiki/Otto_von_Bismarck

- Bismarck acreditava que a força militar devia ser combinada com o desenvolvimento industrial.
- Para ele, o crescimento econômico, industrial e militar era fundamental para a recém formada nação alemã alcançar um status cada vez maior na Europa.
- De fato, nessa época, a Alemanha já se destacava dentre as demais nações europeias.
- O incentivo às pesquisas científicas aplicadas visavam uma maior produtividade industrial, que conseqüentemente fazia a economia alemã crescer.

43

- O governo estimulou o desenvolvimento industrial impulsionado por pesquisas e as empresas alemãs assumiram a liderança mundial na montagem de departamentos de pesquisas ao lado de suas fábricas - um padrão altamente bem sucedido que a indústria americana adotou mais tarde.
- A indústria cortejava os melhores acadêmicos para pesquisas e suas aplicações práticas (...).
- Por outro lado, as universidades públicas davam preferência a cientistas que tinham trabalho na indústria - uma fertilização cruzada que resultou em benefícios enormes para o crescimento industrial da Alemanha. (Medawar & Pyke, 2003 - p. 26)



Bismarck tornou-se Chanceler da Alemanha em 1871.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Otto_von_Bismarck



Bismarck: navio de guerra alemão

<http://www.kbismarck.com/painting-10.html>

44

A ciência alemã no início do século XX

- O sucesso científico alemão, apesar de influenciado pela indústria, não se restringiu somente à sua aplicação na produção.
- A Química, a Medicina e a Física tiveram também enorme crescimento.
- Duas das maiores descobertas no campo da Física ocorridas no início do século XX tiveram como principais pesquisadores os cientistas alemães Albert Einstein (que era judeu), com a Teoria da Relatividade e Max Planck, com a Teoria Quântica.



Albert Einstein
http://pt.wikipedia.org/wiki/Albert_Einstein



Max Planck
http://www.rechner.org.br/Planck/Max_Planck.htm

45

O sucesso da ciência alemã

- "Em 1921, vinte anos depois da instituição dos prêmios Nobel, alemães, ou pelo menos pessoas de língua alemã, haviam ganhado metade de todos os prêmios concedidos às ciências naturais e à medicina". (Cornwell, 2003 - p. 46)
- "Pesquisadores de ciência básica e aplicada, acorriam de todo o mundo para as universidades alemãs, e aprendiam alemão para ler as principais publicações e participar de conferências e seminários". (p. 20)



Medalha do Prêmio Nobel
http://pt.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%AAmio_Nobel



Alfred Nobel criou prêmios para que fossem concedidos àqueles que serviram ao bem da Humanidade.
http://pt.wikipedia.org/wiki/Alfred_Nobel

46

Você sabe a diferença entre a ciência básica e a ciência aplicada?



- A ciência básica se preocupa em gerar modelos que representam algum fenômeno natural, ou seja, tenta compreender a natureza através dos modelos.
- O objetivo da ciência básica é somente conhecer, sem se deter ao uso do conhecimento gerado.
- A Física e a Biologia são exemplos de ciência básica.
- Já a ciência aplicada, como seu nome diz, desenvolve mecanismos que possibilitam a aplicação do conhecimento obtido pela ciência básica.
- Os diversos ramos da engenharia – engenharia mecânica, elétrica, química e outros – aplicam o conhecimento obtido na ciência básica.
- Tanto a ciência básica quanto a aplicada encontram destaque na Alemanha.



Mapa da Alemanha
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Alemanha>

48

Refleta um pouco...

- **Os próprios cientistas muitas vezes dizem que a ciência básica é moral e culturalmente neutra. No nível das moléculas e partículas, afirmam, não há ética, política, nem cultura: a água ferve em Pequim à mesma temperatura que em Berlim. Os verdadeiros cientistas, os cientistas básicos dizem que geram conhecimento; os tecnólogos, a indústria, os governos aplicam-no.** (Cornwell, 2003 - p. 26)
- Você acha que a ciência básica é de fato neutra?

49

- No ambiente de riqueza intelectual alemã, o nazismo encontrou grandes suportes para uma invejável produção de armas de guerra.
- Mesmo com as sanções impostas pelo Tratado de Versalhes relativas à produção bélica, "o governo e os industriais alemães conseguiram criar armas às ocultas: levando em frente tecnologia de duplo uso, fazendo pesquisa e desenvolvimento militar em segredo e instituindo programas de estudos fora do país." (Cornwell, 2003 - p. 130)



Bismarck: navio de guerra alemão
<http://www.bismarck.com/paintings30.html>



<http://www.gifmania.com/picasso/>

- A engenharia alemã a serviço do exército, projetou armamentos muito eficazes.
- Os navios de guerra, tanques, submarinos, canhões, enfim, o poderio militar alemão passou, a partir de então, a gerar medo em muitos países, mas precisava ser testado.
- A cidade espanhola de Guernica tornou-se um bom alvo para colocar à prova o poderio militar alemão.
- Em 1936 a Espanha se encontrava em guerra civil entre as forças apoiadas pelos comunistas e o exército do general Francisco Franco.
- Hitler, então, firmou acordo com a Itália fascista de Mussolini e juntos atacaram a cidade, lutando ao lado de Franco.
- A cidade foi arruinada pela aviação alemã.
- Boa parte dos guerrilheiros e da população civil foi "esmagada" pelas forças nazi-fascistas.



General Francisco Franco
<http://sobriocricia.ima.pt/versos/files/frankismo.doc>



Mussolini
http://www.fbc.unimob.br/pt-br/so-m-bchismo_mussolini.htm

51

- Num bombardeio de três horas, dois mil civis foram massacrados, milhares foram feridos e a cidade foi arrasada.
- Tomado de ódio patriótico, o espanhol Pablo Picasso criou um mural [Guernica] de 6,50 metros de largura por 2,80 de altura, que foi pintado em um mês. É considerado a mais forte denúncia dos horrores da guerra.
- "A pintura não é feita para decorar apartamentos", dizia Picasso.
- "É um instrumento de guerra, de ataque e defesa frente ao inimigo". (Strickland, 2002)



Pablo Picasso em 1916
http://pt.wikipedia.org/wiki/Pablo_Picasso



Pablo Picasso
http://www.madrid.org/museo_picasso/imagenes/biografias/Ceramica/Printando08.jpg

Veja o quadro "Guernica" no próximo slide →

52

- Observe a expressão de horror no rosto das pessoas, dos animais, os pedaços de corpos pelo chão e imagens desfiguradas, expressando imenso terror.
- Picasso incorporou certos elementos do desenho para criar um efeito de angústia. Usou uma nuance branco-cinza para enfatizar o desespero e distorceu propositalmente as figuras para transmitir violência.
- Segundo Picasso, "o touro não é o fascismo, mas a brutalidade e a escuridão... O cavalo representa o povo". (Strickland, 2002)



<http://www.mda.br/pt-br/ingles/english/hemgway/picasso/guernica.htm>

53

Caminho livre para Hitler



Benito Mussolini e Hitler em visita à Jugoslávia ocupada



Hitler como soldado em 1916

- Dentre os inimigos internacionais dos nazistas estavam os comunistas, portanto, a esquadra alemã, apesar de incomodar ingleses e franceses, os preocupava pouco.
- Esses países consideravam o comunismo uma ameaça ao regime capitalista que adotavam e, portanto, viam com a Alemanha a chance de a Rússia ser combatida.
- Além disso, Inglaterra e França optaram por não entrar em conflito com a Alemanha quando, em 1938 Hitler invadiu a Tchecoslováquia.
- Esta postura dos ingleses e franceses, somada com a neutralidade dos Estados Unidos, gerou condições perfeitas para a concretização das ambições de Hitler.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Adolf_Hitler

54

- Apesar da dificuldade em apontar um único responsável pela guerra, foi essencial a vontade de hegemonia de Hitler, seu desejo de construir uma *nova ordem* conforme os princípios do nazismo.
- O grande capital alemão exigia participação na exploração do mundo colonial, com suas reservas de matérias-primas, pois os vencedores da Primeira Grande Guerra haviam tirado as colônias da Alemanha, repartindo-as entre si.
- Além disso, a Alemanha desejava conquistar os mercados vizinhos da Europa central (Piletti, 2003 - p. 363) para dar vazão aos produtos de suas indústrias.



Bandeira nazista
<http://www.servicosdiplomacia.com.br/curso/germanha.html>



http://pt.wikipedia.org/wiki/Adolf_Hitler

55

O Fascismo italiano

- Aliado às aspirações alemãs estava o descontentamento da Itália.
- Mesmo fazendo parte do grupo de vencedores da Primeira Guerra Mundial, os italianos se sentiram insatisfeitos com os benefícios que tiveram com o fim destes conflitos armados.
- Foi por influência deste clima de insatisfação que surgiram os movimentos militaristas, antidemocráticos e nacionalistas na Itália.
- Da mesma forma que o Nazismo prosperou na Alemanha, dentre os italianos era o Fascismo quem comandava.



Benito Mussolini, líder da Itália Fascista, à direita de Adolf Hitler.
http://pt.wikipedia.org/wiki/Benito_Mussolini

56



http://www.berlinpost.com/2004/03/02/berlinpost030204_011.jpg

- O Fascismo e o Nazismo tinham características bem parecidas e interesses comuns, o que teve grande influência para que estes dois países se tornassem aliados.
- Estes dois Estados que ficaram conhecidos como nazifascistas, juntamente com o Japão, que estava interessado em conquistas no oriente, formaram em 1940 o eixo Roma-Berlim-Tóquio.
- Eles tinham como principais inimigos a França e a Inglaterra, mais tarde também a Rússia e os Estados Unidos.

57

O início da Segunda Guerra Mundial

- Como vimos, França e Inglaterra adotaram a política do apaziguamento frente as invasões alemãs.
- Mas esta atitude não conseguiu evitar uma guerra de proporções mundiais.
- *O Tratado de Versalhes não afetava só a Alemanha, mas também a Itália e o Japão. Todos queriam reconquistar pela força o que perderam com o tratado.*
- *Nessas circunstâncias, os governos ultranacionalistas da Alemanha, Japão e Itália acabaram por se lançar numa nova guerra mundial* (Divalte, 2002 - p. 330), formando o eixo Roma-Berlim-Tóquio.
- No dia 1º de setembro de 1939, o exército de Hitler invade a Polónia, então Inglaterra e França declaram guerra à Alemanha.



1 de Setembro, 1939 - Tropas alemãs invadem a Polónia



O 39º Grupo de Panzerjäger avança pelo deserto.

http://pt.wikipedia.org/wiki/Segunda_Guerra_Mundial

58



Extraído de Filho, 2005

As humilhações impostas aos judeus

- Na Polónia, a perseguição aos judeus tornou-se implacável.
- Agressões a judeus eram frequentes nas ruas.
- Eles passaram a sofrer todo tipo de humilhações, inclusive em praça pública.
- Sinagogas eram queimadas como resultado da incitação do ódio aos judeus.
- As famílias judias eram obrigadas a sair de suas casas e irem morar nos guetos, onde viviam amontoadas com pouca comida e com péssimas condições de higiene.



Agressões a judeus eram frequentes nas ruas

<http://www.israel3.com/modules.php?name=HoLocaust&file=fotos>



Sinagogas eram queimadas como resultado da incitação do ódio aos judeus

<http://www.israel3.com/modules.php?name=Hol60ust&file=fotos>



Crianças subnutridas nas ruas do gueto de Varsóvia

http://www.berlinpost.com/2004/03/02/berlinpost030204_011.jpg



Tentativa de humilhação mandando um rabino lavar o carro dos oficiais nazistas

<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

- ▶ Após passarem um tempo morando nos guetos, onde muitos morriam de desnutrição e de doenças devido à falta de saneamento, os judeus eram levados de trem para os campos de concentração e juntos com judeus de outras partes, eram entregues ao trabalho escravo.
- ▶ Idosos, deficientes e crianças, como não eram aptos ao trabalho forçado, eram exterminados.
- ▶ Os demais recebiam uma quantidade de comida muito menor que o necessário e trabalhavam até a morte.

61

- No campo de concentração nazista de Monowitz:
- *Cada trabalhador escravo recebia, ao meio-dia um pouco de sopa, contendo alguns fiapos de repolho ou nabo em água quente.*
- *À noite, a mesma porção com pedaços de batata podre ou couve-nabo-da-suécia e grão-de-bico.*
- *O pão, 350 gramas por porção, distribuído a cada manhã, era complementado com aditivos, incluindo serragem.* (Cornwell, 2003 - p. 320)



Judeu em trabalho escravo

<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>



Campos de concentração na Polónia

<http://www.dailymail.co.uk/1800000/1800000.html>

62



Os campos de extermínio montados pelos nazis na Polónia, aonde chegavam diariamente comboios de transporte de animais carregados de judeus de todas as paragens da Europa



1941 - Uma chegada a Auschwitz, na Polónia ocupada



Prisioneiros de um campo de concentração durante o Holocausto

http://www.berlinpost.com/2004/03/02/berlinpost030204_011.jpg



Judeus austríacos são obrigados a esfregar o pavimento. Uma forma de humilhação pública.

63

O Grande Ditador - Charles Chaplin (1940)



Extraído de Filho, 2005

A tecnologia a serviço dos ideais nazistas

- A tecnologia do extermínio também cresceu muito durante a perseguição alemã aos judeus.
- A concorrência entre empresas que fabricavam crematórios tornou-se acirrada.
- Quem conseguisse fabricar as fornalhas que consumissem de forma mais eficiente e barata os cadáveres dos prisioneiros, garantiria bons lucros.
- Essa concorrência tornou-se muito necessária para o governo, uma vez que o amontoado de corpos nos campos de concentração acabava atraindo indesejada publicidade. (Cornwell, 2003 - p. 306)



Crematório de Auschwitz
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>



Alojamentos masculinos dos campos de concentração
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

65



Experiência médica
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>



Extermínio de judeus
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

- Além de escravidão e extermínio, judeus e prisioneiros de guerra acabaram se tornando cobaias para experiências médicas.
- Alguns resultados destas experiências seriam usados para tentar melhorar a eficiência e a perspectiva de sobrevivência do exército alemão em combate.
- Portanto, aproveitando-se da situação, alguns médicos realizavam experiências motivadas por especulações pessoais.

66

- Prisioneiros de guerra eram imersos em água gelada para avaliar quanto tempo um marinheiro ou piloto podia sobreviver a temperaturas congelantes, após ser derrubado ou naufragar no mar no inverno.
- Internos eram obrigados a beber água do mar para testar os limites fisiológicos humanos ao seu consumo.
- Colocavam-se prisioneiros em câmaras especiais de baixa pressão para testar a resistência a grandes altitudes.
- Outros eram submetidos à contaminação com fosfogênio e gás mostarda ou infectados com doenças que podiam ser contraídas pelos soldados alemães na África. (Cornwell, 2003 - p. 311)



Internos dos campos de concentração
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>



Extermínio de judeus à beira das valas coletivas
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

67

- Em experiências relacionadas com planos de repovoamento da Europa Oriental, realizaram-se processos de castração e esterilização em homens e mulheres saudáveis.
- Injeções de hormônio eram forçadas em homossexuais, julgados um perigo para a saúde do Volk alemão.
- Num procedimento que tornou-se proverbial da atrocidade nazista, injetava-se corante nos olhos de homens, mulheres e crianças.
- No laboratório do Dr. Mengele, no campo de Birkenau, escolhiam-se gêmeos para experiências "genéticas" com "gêrmes".
- Numa experiência (...) atirou-se em prisioneiros com balas envenenadas, para ver com que rapidez o veneno funcionaria. (Cornwell, 2003 - p. 311)



Crianças judias vítimas das experiências médicas
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

68

- Algumas armas químicas eram testadas nos prisioneiros antes de serem usadas nas guerras.
- Desenvolvidas pelo químico alemão Fritz Haber e sua equipe, as armas químicas se tornaram bons instrumentos de ataque, pela facilidade e eficiência com que atingiam as trincheiras inimigas.
- Como o avião teve pouca influência na Primeira Grande Guerra e os morteiros eram pouco precisos, as trincheiras tornaram-se locais relativamente seguros para se guerrear e defender um território, mas tornaram-se perigosos por causa das armas químicas.
- Neste ponto, os gases venenosos mostraram-se muito úteis.



Alojamentos femininos dos campos de concentração
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>



Fritz Haber
<http://www.sobgrafias.hpg.ig.com.br/FritzHaber.html>

69

As armas químicas na Primeira Grande Guerra

- Em 1915, portanto na Primeira Guerra Mundial, os soldados alemães, protegidos por máscaras, abriam os cilindros de gás de cloro dentro de suas trincheiras.
- Este gás era levado pelo vento até as trincheiras inimigas, repletas de soldados franceses.
- O cloro causava asfixia e cegueira nos inimigos, pois reagia quimicamente com as mucosas dos olhos, nariz, boca e garganta.
- Os soldados que não eram atingidos pelo gás saíam das trincheiras, tornando-se alvos fáceis para a artilharia terrestre alemã ou simplesmente abandonavam seus postos e suas armas, cedendo território ao inimigo.



http://nl.uk.mediastorage.miki.pt/ma/Guerra_Mundial



70

- As pesquisas alemãs com gases tóxicos também envolveram a criação do ácido cianídrico que tinha duplo uso: como pesticida e como gás letal contra seres humanos em lugares fechados.
- Ficaria conhecido como Zyklon B que um dia seria usado como principal meio de matar judeus nos campos da morte. (Cornwell, 2003 - p. 68)
- O Zyklon B, usado nas câmaras de extermínio na Segunda Grande Guerra, colaborou para que não fosse necessário um grande gasto de munição nos campos de extermínio, uma vez que as balas das metralhadoras seriam muito necessárias para os combates contra os aliados.
- Após serem retirados das câmaras de gás, os cadáveres eram cremados ou enterrados em imensas valas coletivas.



Amontoado de corpos nas valas coletivas
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>



Judeus caminhando para a morte
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

71



Extermínio de judeus à beira de valas coletivas
<http://www.israel3.com/modules.php?name=Holocaust&file=fotos>

- Cerca de seis milhões de judeus foram exterminados nos campos de concentração nazistas durante a Segunda Guerra.
- Apesar de a invasão da Polônia em 1939 ser considerado como marco inicial da Segunda Guerra Mundial, com a declaração oficial de guerra pela Inglaterra e França, os combates não começaram de pronto.
- Isso só colaborou com os planos nazistas.

72

Hiroshima e Nagasaki

- Na Ásia, o Japão resistia, apesar de ter seu poderio militar muito comprometido pelos ataques dos Aliados.
- Ainda assim, pilotos japoneses conhecidos como kamikazes se atiravam com seus aviões sobre os alvos inimigos, em verdadeiros ataques suicidas.
- Em 6 de agosto de 1945, o exército americano utilizou uma arma de guerra jamais vista até então.
- Tratava-se de uma arma nuclear, uma bomba atômica.
- A aviação dos Estados Unidos lançou esta bomba sobre a cidade japonesa de Hiroshima e, três dias depois alvejou Nagasaki com outra bomba idêntica.



Mapa do Japão com as indicações das cidades de Hiroshima e Nagasaki
<http://www.ahnet.edu.br/tema/HIROSHIMA/>



Ataque kamikaze a um porta-aviões americano
http://p3.aipmedia.org/5/Al/Scam/00_Coberta_Mundial

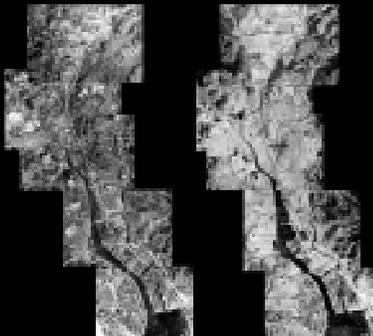
- Os ataques dizimaram, em segundos, milhares de civis.
- Ainda hoje, o massacre dessas duas cidades japonesas são lembrados como grande exemplo de aplicação de tecnologia de destruição.



Nuvem em formato de cogumelo resultado da explosão nuclear sobre Nagasaki em 9 de agosto de 1945, que chegou a subir 18 km
http://pt.wikipedia.org/wiki/Segunda_Guerra_Mundial



Cidade destruída pela bomba atômica (animação decorativa, fora de proporção)
<http://www.historinet.com.br/conteudo/default.aspx?codigo=191>



Nagasaki antes e depois da bomba. Na foto da direita pode-se observar o exato local da explosão
<http://www.peace-museum.org/welcome.htm>



Consequência do bombardeio atômico
<http://www.peace-museum.org/welcome.htm>



Explosão da bomba atômica
<http://www.historinet.com.br/conteudo/default.aspx?codigo=191>



http://pt.wikipedia.org/wiki/Mapa_C2%2A3a

- É bem verdade que o Japão já demonstrava sinais de esgotamento com a guerra.
- Grande parte das indústrias japonesas estava destruída e o poderio militar deste país estava seriamente comprometido.
- Os intensos bombardeios aliados causaram muita destruição em território japonês.
- A rendição do Japão parecia ser uma questão de tempo, portanto o ataque nuclear em Hiroshima e Nagasaki era, nestas circunstâncias, desnecessário.
- "Tratava-se, na verdade, de uma demonstração de força dos norte-americanos, sobretudo para a União Soviética". (Divalte, 2002 - p. 334)

Rosa de Hiroxima

*Pensem nas crianças mudas telepáticas
Pensem nas meninas cegas inexatas,
Pensem nas mulheres rotas alteradas,
Pensem nas feridas como rosas cálidas,
Mas só não se esqueçam da rosa da rosa,
Da rosa de Hiroxima a rosa hereditária,
A rosa radioativa estúpida e inválida,
A rosa com cirrose a anti-rosa atômica,
Sem cor nem perfume sem rosa sem nada.*



Sobreviventes
<http://www.peace-museum.org/welcome.htm>

Vinícius de Moraes

Clique aqui e ouça esta canção na voz de Ney Matogrosso

- Como vimos antes, os socialistas (como é o caso dos soviéticos) e capitalistas (como os Estados Unidos) eram rivais, já que um regime só podia ser disseminado pelo mundo mediante o desaparecimento do outro.
- Americanos e russos só estavam lutando do mesmo lado na Segunda Guerra porque tinham um inimigo comum que era a Alemanha.
- Com a derrota nazista, as antigas desavenças vieram à tona.
- "Como Hitler não estava mais vivo para uni-los", socialistas e capitalistas podiam agora assumir suas posições de adversários.
- A bomba atômica americana sobre Hiroshima e Nagasaki serviu como aviso para a Rússia de Stálin da grandeza da força militar americana, mesmo isso custando a vida de milhares de civis japoneses.



Réplica da bomba atômica usada para atacar as cidades japonesas
<http://www.city.nagasaki.nagasaki.jp/nabomb/museum/m1-1c.html>



Plataformas móveis de mísseis soviéticos
<http://www.espadr.eu.br/n149.asp>



Diplomata japonês assina a rendição a bordo do contratorpedeiro USS Missouri.
http://pt.wikipedia.org/wiki/Segunda_Guerra_Mundial

- O argumento usado pelos Estados Unidos para justificar o bombardeio nuclear às cidades japonesas foi que o ataque acabaria de vez com a Guerra e muitas vidas americanas seriam poupadas.
- De fato a rendição japonesa aconteceu, mas muito provavelmente ocorreria da mesma forma pouco depois, mesmo se não houvesse o extermínio de milhares de vidas inocentes.

A tecnologia nuclear soviética

- A União Soviética, por sua vez, trabalhou para não ficar atrás em matéria de tecnologia nuclear.
- Desenvolveu sua própria bomba atômica e realizou testes nucleares de destruição em 1949 e 1953. "Acredita-se na época que eles haviam produzido um artefato mais leve que a bomba americana, que podia ser transportado por um míssil balístico intercontinental". (Cornwell, 2003 - p. 374)



Moscou exibe seus mísseis atômicos
<http://www.foxonline.com/brasil/essencia/historia/guerrafrig/guerra3/comidamamentista2.htm>

- As bombas nucleares eram objetos grandes e, como ocorreu nos ataques às cidades japonesas, eram transportadas por aviões até o alvo.
- Com a crença que a União Soviética desenvolvera bombas atômicas que podiam ser lançadas de um continente para outro em ogivas nucleares de mísseis balísticos, os americanos investiram mais ainda na eficiência de suas armas nucleares.

105

- Essa corrida pelo desenvolvimento de armas cada vez mais poderosas e eficazes foi uma das características deste atrito entre russos e americanos no pós-guerra.
- Este atrito tomava dimensões cada vez maiores, mas não se tornaria uma guerra, no sentido que conhecemos.



- O desenvolvimento das armas nucleares e o constante remodelamento das armas convencionais - incluindo mísseis, tanques e aviões - serviu, em grande parte, para intimidar o lado oposto e marcou profundamente o pós-guerra.



- Nos anos subsequentes ao fim da Segunda Guerra Mundial, o mundo viria a assistir a confrontos nos campos político, científico, tecnológico, ideológico e cultural entre Estados Unidos e União Soviética.
- Este período de confrontos, que duraria quase cinquenta anos, ficou conhecido como Guerra Fria.



106

A Guerra Fria

- A Guerra Fria foi marcada por um grande respeito entre americanos e russos, o que contribuiu para que um lado não atacasse o outro em seu território.
- Para o cientista político francês Ray-mon Aron, neste período, *a guerra era improvável e a paz impossível*.
- A Guerra Fria "diferenciou-se de conflitos internacionais anteriores por ter caráter global e representar, com o advento das armas nucleares, a possibilidade real do fim da maioria das formas de vida na Terra". (Atlas da história do mundo)



Foguete russo R7- Míssil balístico intercontinental
<http://www.aerofiles.com/nachos/MCCJ.htm>



Parte inferior de Foguete russo R7
<http://www.aerofiles.com/nachos/MCCJ.htm>

107

- Uma série de acontecimentos no pós Segunda Guerra influenciou o curso da Guerra Fria.
- A União Soviética exigia uma compensação maior que os demais aliados pelo fato de ter sido o país que mais sofreu baixas com a Segunda Guerra.
- Para se ter uma idéia, das cerca de 45 milhões de pessoas mortas durante a Segunda Guerra Mundial, 26 milhões eram soviéticas.
- Além disso, foram os russos quem tomaram a parte oriental da Alemanha onde fica a capital Berlim, forçando o suicídio de Hitler.



Míssil Sunburn
 Pode ser armado com uma ogiva nuclear equivalente a 200.000 toneladas de TNT
<http://www.espada.eri.br/h1449.asp>

108



Churchill, Roosevelt e Stalin decidiram as fronteiras pós-guerra
<http://www.dns.worlde/dw/articulo/0,1564,1478863,00.html>

- Mesmo antes do fim da Guerra, os aliados já se reuniam para decidir o futuro da Europa quando a guerra acabasse.
- No final do ano de 1943, os presidentes Roosevelt dos Estados Unidos, Stalin da União Soviética e o Primeiro Ministro inglês Winston Churchill, se reuniram em Teerã e projetaram a divisão da Alemanha ao final da Guerra.

109

Conferência de Yalta e de Potsdam

- Em fevereiro de 1945, em uma nova reunião conhecida como Conferência de Yalta (Ucrânia), novamente Stalin, Roosevelt e Churchill discutiram a divisão da Alemanha.
- Os líderes Roosevelt e Churchill reconheceram a importância soviética na conquista da parte oriental da Europa.
- Finalmente em julho de 1945, com o fim da Guerra na Europa, o novo presidente norte-americano Harry Truman, juntamente com Stalin e Churchill, decidiram na Conferência de Potsdam (Alemanha) a definitiva divisão da Alemanha.



Churchill, Roosevelt e Stalin na Conferência de Yalta de 1945
http://pt.wikipedia.org/wiki/Guerra_Fria

110

Conferência de Potsdam

- ▶ Na Conferência de Potsdam foi deliberada a divisão do território alemão em quatro zonas de ocupação pelos aliados: zonas britânica, francesa, americana e soviética.
- ▶ Se olharmos sob outro ponto de vista perceberemos que a Alemanha foi dividida em duas zonas ideológicas: A zona capitalista, pertencente à Inglaterra, França e Estados Unidos e a zona comunista, ou zona Soviética.
- ▶ A capital Berlim, localizada na zona soviética, também foi igualmente dividida entre os aliados.



Aliados na Conferência de Potsdam. Da esquerda para a direita: o primeiro-ministro britânico Winston Churchill, o presidente norte-americano Harry Truman e o chefe de Estado e governo soviético, Josef Stalin, em agosto de 1945



<http://www.tvo.hara.co.jp/hibe/essays/histories/guerrafria/guerra2.htm>
<http://www.foxonline.com/brasil/essencia/historia/guerrafrig/guerra3/comidamamentista2.htm>

111

- A capital Berlim se localizava na zona Soviética e viria a se tornar, no futuro, um grande símbolo da divisão do mundo em dois grandes blocos: socialista e capitalista.
- O que chamamos aqui de zona capitalista (zona Britânica, Francesa e Americana) futuramente formaria a Alemanha Ocidental e a zona Soviética ficaria conhecida como Alemanha Oriental.

112

Criação da ONU e do Estado de Israel

- Em julho de 1945 (um mês antes do bombardeio de Hiroshima e Nagasaki) foi criada a ONU – Organização das Nações Unidas – com objetivo de manter a paz e o espírito de cooperação entre os países.
- Foi numa Assembleia Geral da ONU, em novembro de 1947, que foi criada mais uma nação, o Estado de Israel.
- Os judeus espalhados pelo mundo, incluindo os que fugiram da perseguição nazista, poderiam então se reunir em sua mais nova nação.



Bandeira Estado de Israel
<http://www.mozisrael.com.br/br/ptz/br/ptz.html>



Mapa de Israel
<http://go.bra.com/atlas/ptz/br/ptz.html>

113

Tribunal de Nuremberg



Tribunal de Nuremberg
<http://www.internext.com.br/valois/pena/1946.htm>

- Com Hitler morto e a Alemanha ocupada pelos aliados, faltava apenas julgar os demais oficiais do exército alemão e outras pessoas ligadas a Hitler, para que o nazismo chegasse definitivamente ao fim.
- Isso começou a acontecer em novembro de 1945 em Nuremberg, na Alemanha.
- O Tribunal de Nuremberg julgou os líderes nazistas presos pelos aliados.
- Dentre eles, onze foram condenados à morte por enforcamento, acusados de crimes contra a humanidade, três foram inocentados e os demais receberam penas diversas.
- Sabe-se que nem todos os oficiais nazistas vivos foram capturados, muitos fugiram e viveram em outros países com identidades falsas.

114

- Como vimos, a ciência alemã era referência mundial no início do século XX, sendo inclusive premiada com inúmeros prêmios Nobel.
- No campo tecnológico esta nação também se destacava e com o governo de Adolf Hitler, a produção tecnológica de guerra aumentou consideravelmente.
- A Alemanha derrotada tinha muita ciência e tecnologia para oferecer e os aliados passaram a disputar esta riqueza intelectual.
- Nas zonas de ocupação, cada país ocupante tentava levar para si as descobertas alemãs.
- Às vezes, militares de um país ocupante invadiam clandestinamente a zona de ocupação de outro país com objetivo de tomar posse de algum conhecimento ou produção tecnológica alemã que lhe interessava.




115

- Os Russos desmontaram fábricas inteiras e transportaram-nas, junto com os trabalhadores para a Rússia. (...)
- Os americanos (...) embarcaram para os Estados Unidos foguetes V1 e V2 e todas as peças de reposição em que puderam pôr as mãos.
- Os americanos pegaram todo um túnel de vento supersônico da Baviera, um submarino com avançado sistema de propulsão e muitos tipos diferentes de aviões, incluindo protótipos de jatos e aviões-foguetes(...) [alem de] toneladas de projetos. (Cornwell, 2003 - p. 365)



Túnel de vento
<http://www.parker.com.br/parker/mexico/pt/03/03/pt.pdf>



Técnicos do CTA – Centro Técnico Aeroespacial da Aeronáutica Brasileira trabalhando num túnel de vento
<http://www.iae.cta.br/asa/asa-fisica/cta2.jpg>

116



Réplica em tamanho real de uma V2 no museu de Peenemünde, Alemanha
<http://en.wikipedia.org/wiki/V-2>



Foto de Maio de 1964. Dr. von Braun torna-se Diretor do NASA Marshall Space Flight Center em 1 de julho de 1960.
<http://www.nasa.gov/pdf/1960s/0-10801main/vonbraun-1960-01-01-01.jpg>

- Uma parte dos cientistas alemães foi trabalhar nos Estados Unidos, entre eles Wernher von Braun, o engenheiro chefe da construção dos foguetes V2.
- Outros cientistas alemães foram servir ao governo soviético.

117



Extraído de: Filho, 2005

Você sabe qual a relação entre a tecnologia desenvolvida para mísseis de guerra e o desenvolvimento de foguetes capazes de colocar um satélite em órbita?




Míssil soviético
<http://www.espada.es/bmp149.asp>

Foguete espacial
<http://www.nasa.gov/pdf/1960s/0-10801main/vonbraun-1960-01-01-01.jpg>

119

Os V-2 e a conquista do espaço

- Os programas nuclear e espacial dos Estados Unidos e da União Soviética foram muito influenciados pela ciência e tecnologia alemãs.
- Os foguetes V2 confiscados pelos aliados, tornaram-se muito significativos, pois "sua fabricação daria base para o desenvolvimento da tecnologia espacial soviética e americana durante a Guerra Fria". (Arbex, 1997 - p. 58)
- Foi com a ajuda da tecnologia dos mísseis V2, construídos com mão-de-obra escrava, que causaram muita destruição e mortes durante a Segunda Guerra, que foram construídos os foguetes que colocaram os primeiros satélites em órbita, levaram o homem à Lua e possibilitaram todo este avanço da conquista espacial.



Judeu em trabalho escravo
<http://www.istm.br/sum/mstiles.htm?name=Holocaust&file=fotos>



Foguete V-2
<http://www.nasm.si.edu/exhibitions/gall14/SpaceR/acc2001acc210.htm>

120

O bloqueio de Berlim

- Em julho de 1948, Stálin (presidente soviético) seria o protagonista de um acontecimento que abalaria mais ainda a relação entre a União Soviética e os demais aliados da Segunda Guerra: o bloqueio de Berlim.
- Como vimos, com o fim da Guerra a Alemanha foi dividida em quatro zonas de ocupação entre os aliados (veja slide 109).
- A capital Berlim, localizada na parte oriental da Alemanha ficava dentro da zona Soviética e também foi igualmente dividida, segundo as decisões da Conferência de Potsdam.



Stálin
<http://paginas.terra.com.br/educacao/projeito/est1221.htm>



http://www.foolunha.com.br/alexece/did/141/seria_puerifra_guerra_7_bloco_societalista_1est1221ropeca.htm

121



- Na zona alemã que não sofria a influência soviética, a moeda corrente era o marco alemão-ocidental.
- Esta moeda circulava por toda a parte da Alemanha não controlada pelos soviéticos, inclusive em Berlim ocidental.
- Invariavelmente, esta moeda acabava por circular também na parte oriental da cidade, de domínio russo.
- Temendo perder o controle da economia, Stálin não podia permitir o fluxo de moeda ocidental para sua região de domínio e ordenou um bloqueio por terra a toda a Berlim.

Mapa da Alemanha com Berlim em destaque (na cor verde). Compare com o mapa abaixo e observe que esta cidade ficava localizada dentro da zona soviética
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Berlim>



122

A ponte aérea

- Antes do bloqueio, Berlim ocidental era uma ilha capitalista, cercada de comunistas por todos os lados.
- Agora, além disso, tornava-se difícil o abastecimento da cidade, que só foi possível através de uma "ponte aérea".
- Foi assim que aviões de antigos aliados conseguiram abastecer Berlim ocidental, levando principalmente alimentos e carvão.



Porta de Brandemburgo
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Berlim>



Alemanha Ocidental **Alemanha Oriental**

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Berlim>

- Em maio de 1949, quase um ano após o cerco de Berlim, Stálin recuou e suspendeu o bloqueio.
- Essa suspensão teve como consequência a divisão da Alemanha em duas.
- As antigas zonas britânica, francesa e americana se tornaram um novo país capitalista, a República Federal da Alemanha, ou Alemanha Ocidental. Sua capital era Bonn.
- A zona soviética formaria a comunista República Democrática Alemã, ou Alemanha Oriental, com sua capital em Berlim.

123

O bloqueio de Berlim



Extraído de Filho, 2005

124




Alemanha Ocidental



Alemanha Oriental

125

- Além de problemas na Alemanha, no pós Segunda Guerra, americanos e soviéticos tinham outras preocupações.
- Enquanto os Estados Unidos se esforçavam em conter a expansão socialista pelo mundo, a Rússia, por sua vez, tentava implantar o socialismo em outras nações.
- Os países vizinhos da União Soviética se tornaram socialistas, servindo como escudo para Moscou.
- Os norte-americanos se incomodavam com a expansão comunista, mas não acreditavam muito na capacidade científica e tecnológica dos soviéticos.



Mapa dos países capitalistas da OTAN
<http://pt.wikipedia.org/wiki/OTAN>



Mapa dos países socialistas, pertencentes ao Pacto de Varsóvia
http://pt.wikipedia.org/wiki/Pacto_de_Vars%C3%B3via

127





- Para os americanos, uma nação socialista como a Rússia era incapaz de concorrer com eles na produção intelectual.
- Os EUA fabricavam automóveis, eletrodomésticos, enfim, uma infinidade de bens de consumo muito diferentes dos fabricados na União Soviética.
- A felicidade nos Estados Unidos estava vinculada ao consumo. Só era considerado feliz aquele cidadão que possuísse automóvel e televisores.
- As donas de casa só seriam felizes se possuíssem os mais variados eletrodomésticos disponíveis no mercado, para facilitar suas atividades domésticas.
- Quanto maior o consumo, maior seria a produção e consequentemente, mais o país iria crescer. Por isso, o lema era consumir sempre e cada vez mais.

128

- ▶ Com esse ideal de felicidade americano, o povo vivia sem muitos problemas e estava satisfeito.
- ▶ O orgulho dos cidadãos dos Estados Unidos permaneceu inabalado até 04 de outubro de 1957. Neste dia aconteceu algo que mexeu com o brio dos americanos:

Os soviéticos lançam o primeiro satélite artificial, o Sputnik



Sputnik-1
<http://www.ommx.bpa.us.com.br/saaspecial.htm>

129

O Sputnik



Cientista russo trabalhando no Sputnik
<http://pt.wikiescola.org/wiki/Sputnik>

- O Sputnik tinha o tamanho aproximado de uma melancia grande e dispunha de aparelhos capazes de medir a temperatura e a densidade da alta atmosfera da Terra.
- Essas informações eram transmitidas para a Terra através de antenas que emitiam ondas de rádio.
- Após ter enviado mensagens por 21 dias e ter permanecido por 96 dias em órbita, o Sputnik-1 incendiou-se ao reentrar na atmosfera.

130

SPUTNIK 1



Corpo do satélite em alumínio

Antena

COMPANHEIRO
O nome Sputnik significa "companheiro de viagem" em russo

SONS DO SPUTNIK

EM 4 DE OUTUBRO DE 1957, a URSS surpreendeu o mundo ao lançar o primeiro satélite artificial, o Sputnik 1. Era uma esfera de metal do tamanho de uma bola de praia, com quatro antenas que transmitiam sinais de rádio para a Terra, inclusive um "beep-beep" contínuo. O satélite levou instrumentos para medir a temperatura e a densidade do topo da atmosfera e enviou os resultados durante 21 dias, até que suas baterias se esgotaram. Depois de passar 96 dias em órbita, o Sputnik 1 reentrou na atmosfera e incendiou-se devido ao atrito com o ar.

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM), extraído de Filho, 2005

131

- A notícia do lançamento do Sputnik-1 soou insuportavelmente nos ouvidos norte-americanos.
- Os Estados Unidos não conseguiam entender como uma nação que julgavam tão atrasada e antiquada poderia conseguir a proeza de colocar uma máquina em órbita da Terra.



O desacoplamento de Sputnik
<http://www.tvcultura.com.br/aloescola/ciencias/olhandoparasociedade/olhand.htm>

132

A reação americana



Extraído de Filho, 2005

133

Você sabe a relação entre a internet e o lançamento do Sputnik?

Para descobrir, ouça uma reportagem de Max Gehringer, que foi ao ar no dia 04 de outubro de 2005 pela rádio CBN.



Max Gehringer

Clique na figura acima e ouça a reportagem

134

- O clima de pânico tomou conta e motivos não faltavam. Podemos até imaginar as frases de medo dos americanos:
- "Se uma nação que foi governada por Czares sanguessugas, sofreu uma revolução comunista, foi arrasada por duas Guerras Mundiais e ainda assim consegue colocar um satélite em órbita, é porque o comunismo é infinitamente melhor que o capitalismo".
- Ou o que é ainda pior: "Os russos possuem armas nucleares. Agora detém a tecnologia espacial. Em breve unirão as duas coisas, construindo plataformas espaciais para mísseis nucleares."
- "Poderão alvejar qualquer ponto da Terra, basta quererem. Ah, Meu Deus! Em breve choverá bombas atômicas sobre nós!"



Foice e martelo, o símbolo do socialismo
<http://www.museu.org.br/paginas.htm>



Nikolai II
http://pt.wikiescola.org/wiki/Nikolai_II
1868-1918




<http://www.gofunika.com.pt/pt/misil>

135

O Sputnik-2

- A histeria americana estava apenas começando.
- Menos de um mês depois, no dia 03 de novembro de 1957, os soviéticos colocaram o primeiro ser vivo em órbita a bordo do Sputnik-2: a cadela Laika.



Laika



Sputnik-2
<http://www.answers.com/topic/sputnik-2>

Laika
<http://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/tmp/1957-002A.html>

136

- Aparelhos que mediam batimentos cardíacos e pressão arterial estavam acoplados ao corpo da cadelinha.
- Os soviéticos tentavam compreender como o corpo de um ser vivo se comportava nas condições de microgravidade.
- Não havia condições para que o Sputnik-2 retornasse à Terra e a simpática cadela estava condenada a morrer.
- Laika sobreviveu no espaço por alguns dias e o Sputnik-2 desintegrou-se pouco mais de cinco meses depois, ao reentrar na atmosfera a 28000 km/h.



Lançamento do Sputnik II na base de Baikonur
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Sputnik>

137

- Lembra-se da microgravidade que estudamos anteriormente?
- Você deve se lembrar que um corpo orbitando a Terra está constantemente caindo, mas nunca atinge o chão, como idealizado por Isaac Newton.
- A cadela Laika foi o primeiro ser vivo a experimentar a sensação de um ambiente de microgravidade.
- Isso a tornou uma celebridade, apesar de não ter sobrevivido para "contar" a história!



Selo romeno, de 1957
http://starchild.asfc.nasa.gov/docs/StarChild/Space_Levee/Laika.html

138

- Com um sentimento que misturava medo e orgulho ferido, os americanos tentaram correr atrás do prejuízo.
- Até então, eles tinham outros desafios tecnológicos, como por exemplo, a tentativa de construir aviões muito velozes.
- Pilotos tentavam voar nessas máquinas mais rápido que o som, quebrando recordes de velocidade.
- Agora, os americanos sentiram a necessidade de investir no espaço e acompanhar os russos na tecnologia de satélites e foguetes lançadores.
- O Sputnik começa o que hoje chamamos de corrida espacial.



Os presidentes da União Soviética e dos Estados Unidos sentados em mísseis. Esta figura ficou famosa no período da Guerra Fria.
<http://www.tvcultura.com.br/locoescola/historia/guerrafrida>

139



O homem no espaço: superioridade
<http://www.tvcultura.com.br/locoescola/historia/guerrafrida/guerrafrida2.htm>

"O progresso científico, por si só, parecia suficiente para justificar e legitimar um determinado sistema."
José Arbex Jr.

- Começa então a corrida dos americanos para lançar suas primeiras missões.
- O governo dos Estados Unidos passou a investir muito na tecnologia de satélites e foguetes.
- O primeiro lançamento americano ocorreu no final de 1957 e foi um fracasso. Logo após a decolagem, o foguete explodiu.
- A insistência dos americanos em não ficar atrás dos russos na conquista do espaço levou os Estados Unidos a continuarem a luta.
- No início do ano subsequente, veio o primeiro sucesso.
- As primeiras experiências espaciais americanas se deram com o lançamento das missões Explorer.

140

O Explorer-1

- ▶ O satélite Explorer-1 tinha cerca de 14 kg e foi lançado em 31 de janeiro de 1958 (o Brasil estava prestes a ser campeão mundial de futebol pela 1ª vez).
- ▶ Era um satélite astronômico e tinha a função de estudar fenômenos espaciais que não eram possíveis de serem estudados do solo por causa da atmosfera.
- ▶ O satélite Explorer-1 "foi lançado pelo foguete *Juno 1*, que era, na verdade, um foguete V2 modificado por Von Braun". (Arbex, 1997 - p. 60)



Wernher von Braun, o segundo da direita para a esquerda trabalhando no protótipo do Juno 1
http://www.religione.army.mil/history/archives/vonbraun/explor1_02.jpg



141

- Vocês se lembram de Wernher Von Braun e dos foguetes V2?
- Vejam a influência de Hitler e da Segunda Guerra Mundial na corrida espacial!
- O mesmo Von Braun que trabalhou para os nazistas, agora era o principal responsável pelo programa espacial americano.
- Os foguetes V2 projetados por ele, construídos com trabalho escravo nos campos de concentração e que destruíram Londres e Antuérpia no final da Guerra, foram transformados em veículos lançadores de satélite e usados em 1958.



Réplica em tamanho real de uma V2 no museu de Peenemünde, Alemanha
<http://pt.wikipedia.org/wiki/V2>



Von Braun
<http://www.religione.army.mil/history/archives/vonbraun.html>

- Em outubro de 1958, o presidente Eisenhower dos Estados Unidos cria a NASA, com o objetivo de explorar o espaço.
- O Explorer-6, no ano seguinte, tirou a primeira foto da Terra vista do espaço.



http://www.nasa.gov/externalflash/nasa_gen/index.html

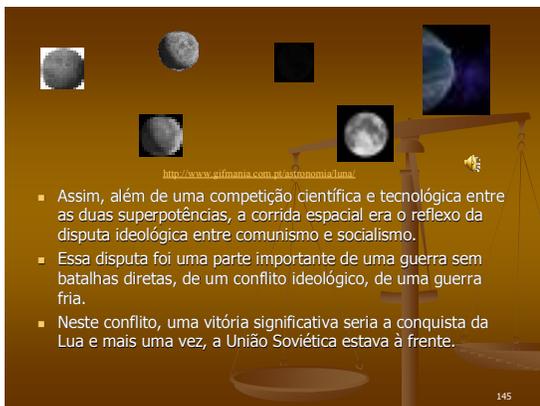
143



Os presidentes da União Soviética e dos Estados Unidos sentados em mísseis.
<http://www.tvcultura.com.br/locoescola/historia/guerrafrida>

- A corrida espacial tinha um óbvio componente simbólico de superioridade e poder e o bloco que primeiro dominasse o espaço teria comprovado sua maior capacidade científica.
- E como era a capacidade científica que media o progresso, quem dominasse primeiro o espaço provaria ao mundo que possuía o sistema mais perfeito, com maior capacidade de realizar os sonhos do homem. (Arbex, 1997 - p. 13)

144



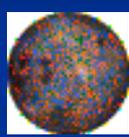
<http://www.eifmania.com.br/astrologia/luna/>

- Assim, além de uma competição científica e tecnológica entre as duas superpotências, a corrida espacial era o reflexo da disputa ideológica entre comunismo e socialismo.
- Essa disputa foi uma parte importante de uma guerra sem batalhas diretas, de um conflito ideológico, de uma guerra fria.
- Neste conflito, uma vitória significativa seria a conquista da Lua e mais uma vez, a União Soviética estava à frente.

145

Missões Luna

- O programa soviético Luna teve como objetivo estudar nosso satélite natural.
- Para isso precisava se distanciar muito da Terra, algo nunca antes conseguido.
- A missão Luna-1 foi a primeira missão lunar, ocorrida em janeiro de 1959.
- No dia 13 de setembro do mesmo ano, a Luna-2 se chocou contra a superfície lunar.
- Os primeiros bons resultados estavam reservados para outubro deste ano, quando a Luna-3, ao contornar a Lua a uma altura de apenas 7000 km, fotografou pela primeira vez a face oculta do astro.
- Talvez você não saiba, mas aqui da Terra nós vemos sempre a mesma face da Lua. Seu giro ocorre de tal forma que somente um lado aponta para a Terra.



Face oculta da Lua fotografada pelo Luna-3

146

Encontro Kruchov e Nixon (1959)



Extraído de Filho, 2005

- A essa altura, já se passaram mais de três anos do lançamento do Sputnik-1 e nenhuma das missões que o sucederam tinham causado tanto impacto como o lançamento desta bola de metal.
- Mas estava prestes a acontecer algo que, como o lançamento do Sputnik-1, seria um marco na corrida espacial e na história tecnológica da humanidade: um homem foi colocado em órbita.



Notícia jornalística sobre o feito soviético
<http://www.astrologia.com/fotohistoria/gagarin.htm>



Gagarin piloto da força aérea Russa-1955
<http://www.abandoned-is.com/rao/gallery/gagarin/>

148

Yuri Gagarin

- Até então, todas as viagens eram destripuladas, ou seja, sem tripulação humana.
- Mais uma vez os russos demonstraram sua superioridade na conquista do espaço, pregando um novo susto nos americanos.
- Em abril de 1961, o Russo Yuri Gagarin foi o primeiro homem a ver a Terra de longe.
- Ele entrou em órbita e voltou com segurança à Terra.



Yuri Gagarin
<http://www.unificado.com.br/calendario04/gagarin.htm>



Vostok, o foguete que colocou Gagarin em órbita: mais um feito soviético
<http://www.tvcultura.com.br/afioscola/historia/guacra/tra/guacra3/corridoespacial2.htm>

Extraído de Filho, 2005



Extraído de Filho, 2005

O "contra-ataque" americano

- Mais uma vez os americanos se viram ficando para trás na corrida espacial e precisavam se mexer.
- Em maio de 1961, o americano Allan Shepard, a bordo da cápsula Mercury, levada pelo foguete Redstone, deu um salto sub-orbital e retornou à Terra.
- Não entrou exatamente em órbita como Gagarin, mas sentiu alguns efeitos de pouca gravidade.
- O foguete Redstone não tinha potência suficiente para colocar a cápsula em órbita.
- O voo durou pouco mais de 15 minutos e chegou a uma altitude de 187 quilômetros.



Redstone
<http://www.observatorio-ibrahim.com.br/como-foi-criada-a-estacao-internacional.html>



Insignia da missão

151



Rota de Shepard

Cabo Canaveral

A cápsula desce no Oceano Atlântico

FONTE: Enciclopédia do Espaço e do Universo (CD-ROM)

152



161

Muro de Berlim
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Berl%C3%ADn>

- Com o muro, famílias foram separadas e muitas pessoas jamais voltariam a ver seus parentes que ficaram do outro lado.
- Ao longo de seus quase trinta anos de existência, o Muro testemunhou a morte de muitos alemães que tentaram atravessá-lo para o lado ocidental.

162



Extraído de Filho, 2005

O mundo a beira de uma guerra nuclear

- Pouco tempo depois da construção do Muro de Berlim, Nikita Khrushchev e Fidel Castro voltariam a confrontar os Estados Unidos.
- O regime comunista adotado por Cuba de fato incomodava os americanos, mas a principal afronta aos Estados Unidos só aconteceu em outubro de 1962.
- Um avião americano U-2 que voava a alturas muito elevadas cumprindo missões de espionagem, fotografou algo diferente que estava sendo construído em território cubano.
- Tratava-se de uma base de mísseis nucleares soviéticos.
- Esses mísseis poderiam atingir o território americano minutos após serem lançados.

Vista aérea mostrando base de lançamento de mísseis em Cuba, novembro de 1962
http://pt.wikipedia.org/wiki/Crise_dos_M%C3%ADssis

Fidel e Khrushchev
<http://www.historia.ufr.br/nec/Cuba/20no%20adrcz.htm>

164

Fidel Castro
<http://www.cheguecomandante.com.br/pt/mag.com.br/galeria.html>

Ilha de Cuba
<http://pt.wikipedia.org/wiki/Ilhaem1.ocation:Cuba.png>

- A ilha de Cuba, extremamente ligada a Moscou, quase se tornaria motivo para uma grande guerra, com conseqüências desastrosas para o mundo todo.
- Não se tratava de um risco de uma guerra de trincheiras, nem de bombardeiros convencionais, mas de uma guerra nuclear.
- Americanos e soviéticos possuíam bombas atômicas com poder de destruição milhares de vezes maior do que as que destruíram Hiroshima e Nagasaki e capazes de destruir vários planetas como o nosso.
- Nunca o mundo esteve tão perto de sua destruição total.

165

A Crise dos Mísseis em Cuba (15-27 de outubro de 1962)

Como devem saber, um U-2 que voava sobre Cuba, no domingo de manhã...

Extraído de Filho, 2005

Extraído de Filho, 2005



Extraído de Filho, 2005

- Em pânico, o governo norte-americano realizou um bloqueio naval em Cuba.
- Os navios americanos barraram qualquer outro veículo náutico que se aproximasse da ilha para impedir que mais mísseis chegassem.
- Por vários dias a tensão de uma guerra nuclear esteve presente.
- Qualquer ataque americano seria imediatamente revidado por um bombardeio soviético e vice-versa.
- Para a sorte do mundo, americanos e soviéticos entraram em um acordo e os mísseis foram retirados de Cuba.
- Se não houvesse este acordo, talvez você não estivesse aqui assistindo a esta apresentação.

<http://www.pfmanita.com.pt/barcos/acorazado.v>

168

- Toda essa tensão aconteceu paralelamente ao trabalho dos cientistas para conquistar o espaço.
- A promessa de John Kennedy de levar o homem à Lua gerou uma grande euforia entre os americanos e acelerou o programa espacial dos Estados Unidos.
- As missões americanas Mercury, Gemini e Apolo tinham diferentes funções, mas todas elas visavam preparar terreno para que o envio do homem à Lua acontecesse sem perdas materiais e nem tragédias com os astronautas.
- O programa espacial soviético também criava mecanismos para evitar acidentes.
- Mesmo assim ocorreram desastres dos dois lados. Algumas missões explodiram antes mesmo de sair do chão.



Insígnia da missão Apollo 1
<http://www.nasa.si.edu/collections/imagery/apollo/PATCHES/Apollo1patch.jpg>

169

- Mesmo com todas as precauções, uma tragédia abalou os Estados Unidos, em janeiro de 67.
- Durante uma decolagem simulada, um incêndio provocado por um curto-circuito destruiu a nave Apollo-1, matando os três astronautas a bordo.
- Em maio do mesmo ano, os soviéticos também passaram por momentos desoladores com a queda da nave Soyuz-1, durante a manobra de retorno à Terra.
- O acidente provocou a morte do cosmonauta Wladimir Komarov.



Os astronautas Gus Grissom, Ed White e Roger Chaffee, mortos na explosão do Apollo-1
http://es.wikipedia.org/wiki/Apollo_1



Wladimir Komarov
http://es.wikipedia.org/wiki/Wladimir_Komarov



Viktor Patsayev, Georgi Dobrovolsky e Vladislav Volkov, mortos na explosão da Soyuz 11 em 30 de junho de 1971



Francis Scobee, Michael Smith, Judith Resnik, Ellison Onizuka, Ronald McNair, Gregory Jarvis e Christa McAuliffe, mortos na explosão da Challenger, em 28 de janeiro de 1986.



Dave Brown, Rick Husband, Bill McCool, Mike Anderson, Kalpana Chawla, Laurel Clark e Ham Raman, mortos na explosão da Columbia em 1º de fevereiro de 2003.

- Apesar dos acidentes, principalmente os que causaram tragicamente a morte de tripulantes, a conquista do espaço era quase sempre noticiada como a maior expressão dos efeitos do desenvolvimento científico e tecnológico da humanidade.
- Os meios de comunicação noticiavam cada missão em diversas partes do mundo.
- Se a notícia fosse divulgada pelos americanos, a mensagem era que eles estavam superando os soviéticos na conquista do espaço.
- Se a fonte da informação partisse do lado soviético, era enfatizada sua superioridade sobre os americanos.
- Cada um tendenciava as informações a seu modo.

171

- O espalhamento das notícias das missões espaciais mexeu com o imaginário popular.
- Muitos boatos sobre discos voadores e invasão de marcianos passaram a fazer parte das conversas de boteco em várias partes do mundo.
- A corrida espacial também inspirou o cinema, a televisão e a literatura. Em 1966 foi ao ar a famosa série de TV *Jornada nas Estrelas*.
- Dois anos depois, *2001, uma Odisseia no Espaço* (assista novamente o primeiro slide da apresentação 1 – *Satélites*. É um trecho deste filme), uma produção cinematográfica com efeitos especiais de altíssima qualidade, viria a se tornar um dos mais famosos filmes de ficção científica já gravados.





Jornada nas Estrelas: Tripulação da nave
<http://www.jornadinasestrelas.hpg.gig.com.br/>

172

- A espionagem também foi tema de livros e filmes.
- Ian Fleming escreveu vários livros contando as aventuras de seu personagem, um agente secreto britânico envolvido com espionagem.
- Seus livros deram origem ao agente 007 ou James Bond.
- Os filmes com o ator Sean Connery, no papel de 007 se tornaram sucesso de bilheteria e até hoje James Bond faz sucesso, interpretado por outros atores.



<http://www.fox.org.br/ver/diarios/007>

173

007 Contra o Satânico Dr. No (06/10/1962) Estrada de Filhos, 2005




Trotsky, um dos líderes da Revolução Russa foi assassinado quando estava exilado no México por um agente da KGB, a mando de Stalin



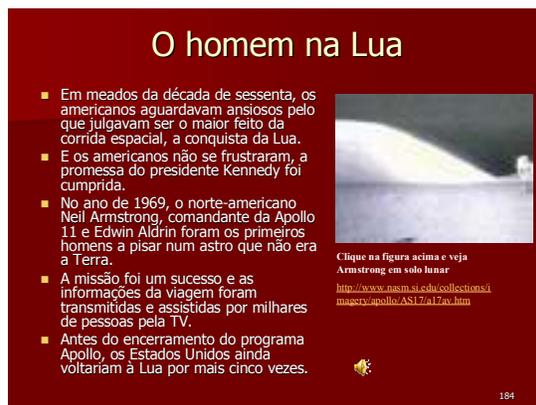
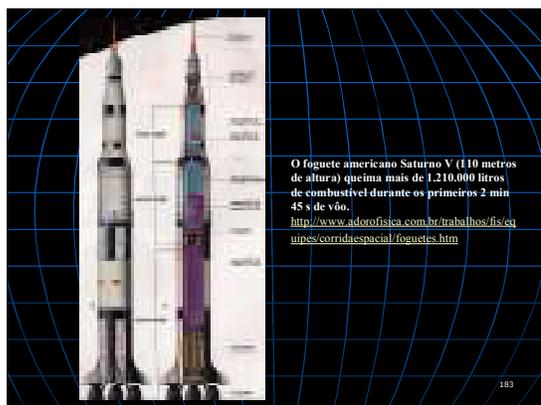
Leningue em Dnepropetrovsk: ação da KGB

- Na vida real a espionagem era bem diferente da dramaturgia.
- Pessoas anônimas que viviam num certo país como qualquer outro cidadão, passavam informações para a nação inimiga, ou para qualquer outro país que se interessasse por elas.
- Além de passar informações, os espíões faziam outros trabalhos "sujos", como o assassinato de líderes ou a imposição de ditaduras em outras nações.
- Apesar de a espionagem existir antes da Guerra Fria, foi neste período que ela tomou força.
- A CIA nos Estados Unidos e a KGB na União Soviética foram as principais instituições de serviço secreto durante a Guerra Fria e responsáveis por atos de espionagem.

175

No período da Guerra Fria não existia apenas desavenças entre superpotências. Havia também muita arte, esporte e cultura...

176



Foi a missão Apollo 11 que possibilitou o cumprimento da promessa de Kennedy, ou seja, que fez o homem pousar em solo lunar e retornar com segurança




<http://www.planetarium.br/br/bsvce/apollo11.mg>
http://www.planetarium.br/br/bsvce/apollo11.krosca11_40_4901.mg

185

Clique nas figuras ao lado e assista a vídeos do lançamento da Apollo 11 e o pouso de seus astronautas na Lua




Extraído de Filho, 2005

O Brasil e a Guerra Fria: Jango na URSS



Extraído de Filho, 2005

- Na década de setenta, após o lançamento do Apollo 11, outras missões espaciais, de ambos os países continuaram a ser planejadas e executadas, mas houve uma significativa desaceleração da corrida espacial.
- Os soviéticos passaram a seguir um caminho diferente, optando por enviar sondas destripuladas (ou não-tripuladas).
- Muitas sondas russas e americanas ultrapassaram os limites da Lua e viajaram pelo Sistema Solar, enviando informações sobre o Sol, os demais planetas e seus satélites naturais, além de outros objetos como cometas e asteróides.

1967 - Venera 4 - No dia 12/06/1967 os russos lançam esta sonda que ao orbitar Vênus lança uma cápsula que é a primeira a penetrar a atmosfera do planeta. Ela interrompe as informações antes de tocar o solo de Vênus

<http://www.ciencia-cultura.com/ciencias00/venera01.html>

Mariner 10, sonda americana. Foi a primeira a estudar o planeta Mercúrio

http://locustarc.gsfc.nasa.gov/images/origins/resorce2/000/spac2_niman/mer10_0.html

188

Missões Voyager



Extraído de Filho, 2005

Missões Voyager



Extraído de Filho, 2005

A desaceleração da Guerra Fria e da Corrida Espacial

- Após a conquista da Lua, alguns motivos levaram à diminuição do ritmo da corrida espacial.
- Os contribuintes americanos começaram a questionar se teria valido a pena gastar cerca de 25 bilhões de dólares para levar o homem à Lua.
- Além disso, os filmes, livros e seriados de TV eram muito mais interessantes e baratos e muitos americanos passaram a desconfiar que o comunismo fosse mesmo uma ameaça.
- Entim, a Guerra Fria estava começando a cansar as pessoas. (Arbex, 1997 - p. 62).



A figura da esquerda mostra os estágios de aterrissagem dos Vikings. A direita uma visão do tamanho desta sonda.

http://www.meritveton.org.br/col/col0004_1_1_1_1.htm



191



Ônibus Espacial

<http://www.guest.net.com/Research/Travel/01/0100001.html>



Lançamento noturno da Discovery, para a missão 51-C.

- Outro fato que mostra que a Guerra Fria não estava mais tão acirrada, ocorreu em julho de 1975, quando houve o encontro da nave americana Apollo18 com a soviética Soyuz 19.
- As relações entre estes dois povos se tornariam mais amistosas nas décadas de 80 e 90, com a queda do muro de Berlim e o fim da União Soviética.
- Nos anos setenta, a NASA começou a investir em um veículo espacial reutilizável, o Ônibus Espacial.
- Este veículo tornou-se uma opção mais barata, uma vez que, após lançado por um foguete, podia cumprir sua missão, retornar à Terra e depois ser enviado ao espaço novamente.

192



Extraído de: Filho, 2005

O início do fim da União Soviética

Nos primeiros anos da década de oitenta, o império soviético estava em grande declínio:

- o sistema de planejamento centralizado no Estado, impedia que as decisões fossem tomadas com rapidez e flexibilidade, paralisando a administração da economia;
- a produção agrícola estava abaixo das expectativas;
- os produtos industrializados tinham alto custo de produção e baixa qualidade, como resultado da falta de concorrência entre as empresas estatais;
- a economia estava enfraquecida devido aos enormes gastos com a competição militar e a corrida espacial com os Estados Unidos;
- a população tinha baixa qualidade de vida, uma vez que os recursos aplicados na produção militar e na tecnologia espacial eram retirados de áreas sociais importantes (Divalte, 2002 - p. 395).

Enfim, a União Soviética estava à beira do colapso.

Fila no comércio: ruína em Moscou

Moscou, 1988: ares capitalistas

<http://www.tccultura.com.br/ingles/estudo/historia/soviatica/soviatica13.htm>
<http://www.tccultura.com.br/ingles/estudo/historia/soviatica/soviatica14.htm>

194

O início da era Gorbachev

- Em 1982 a União Soviética passa a ser liderada por Yuri Andropov, que inicia reformas econômicas no país.
- Essas reformas visavam evitar a explosão de movimentos sociais que poderiam abalar o governo. As reformas não estavam ligadas a convicções democráticas, mas a uma tentativa de manter o poder (Arbex, 1997 - p.180)
- As reformas iniciadas por Andropov foram apenas o começo. Outras mudanças muito maiores estavam prestes a ocorrer na União Soviética no governo de Mikhail Gorbachev, a partir de 1985.
- Ao assumir o governo, Gorbachev interrompeu os testes nucleares e promoveu profundas reformas políticas e econômicas em seu país.
- Com uma política baseada na *Glasnost*, que significa transparência e *Perestroika* que significa reestruturação ou reconstrução, Gorbachev passou a liderar sua nação rompendo com a censura e a estagnação dos governos anteriores.

Andropov: pequenas mudanças

Gorbachev (com a mulher, Raissa): habilidade diplomática
<http://www.tccultura.com.br/ingles/estudo/historia/soviatica/soviatica15.htm>

195

- Numa visita à Alemanha Oriental, em 1989, Mikhail Gorbachev deixou claro ao presidente alemão Erich Honecker que não iria apoiar uma grande repressão às manifestações populares.
- A partir de então, essas manifestações aumentaram.

Mikhail Gorbachev
<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/8/Gorbachev.JPG>

196

A queda do muro de Berlim

- Às dezoito horas e trinta minutos do dia nove de novembro de 1989, um representante do governo alemão oriental declarou em entrevista que a passagem pelo muro estava livre.
- Tomadas de imensa euforia, muitas pessoas começaram a demolir o muro que por cerca de trinta anos simbolizou a divisão do mundo e o poder soviético.
- Muitos parentes que há trinta anos não se viam, puderam então se reencontrar.
- Veja o depoimento do jornalista José Arbex Jr. que esteve lá quando o muro estava sendo destruído:

Os primeiros beijos e abraços pulam o Muro em novembro de 1989
http://www.dw.com/world.de/dw/article/0,2144_1389294_00.html

197

Fotos da derrubada do Muro de Berlim e da euforia gerada por este acontecimento que ficou marcado na história
<http://hoopediagem.infolink.com.br/ostad/opus/p07/8m12.htm>

- Às vezes, tenho a impressão de ter participado de um sonho.
- Lembro-me de dezenas de milhares de pessoas cruzando o Muro naquela noite fria de outono, dos encontros familiares e casais que durante anos não puderam encontrar-se, dos fogos de artifício, das cervejas e champanhes, das conversas, dos risos e dos choros de emoção.
- Eu tinha a nítida sensação de estar presenciando a própria história.
- Era óbvio que dali para frente o socialismo na Europa do leste havia chegado ao fim. (Arbex, 1997 - p. 107)

198

- A derrubada do muro de Berlim representou muito mais do que o reencontro de famílias após trinta anos de separação.
- Foi um marco do fim do socialismo no leste europeu e do fim da divisão do mundo em comunistas e capitalistas.
- Em 2006 ainda há nações socialistas como Cuba e Coreia do Norte, mas a bipolarização do mundo, como na Guerra Fria, não mais existe.

Bildunterschrift: Os paralelepípedos marcam o caminho do Muro

A East Side Gallery, maior trecho conservado do Muro de Berlim

http://www.dw.com/world.de/dw/article/0,2144_1389294_00.html

199



Extraído de: Filho, 2005

A criação da Comunidade dos Estados Independentes

- Em 8 de dezembro de 1991 com a criação da CEI – Comunidade de Estados Independentes -, a União Soviética passa a não mais existir e os Estados Unidos se tornam a única superpotência mundial.
- O planeta passa então a viver sob uma nova ordem com um imenso poder alcançado pela economia de mercado.
- As fronteiras dos países passam a oferecer cada vez menos resistências ao fluxo de produtos.
- Com isso, as nações mais ricas, como sempre, são beneficiadas e os países pobres amargam cada vez mais desemprego e privações.



Mapa da CEI
http://pt.wikipedia.org/wiki/Comunidade_de_Estados_Independentes

201

Considerações finais

- O desenvolvimento dos satélites foi motivado por questões ideológicas, ou seja, União Soviética e Estados Unidos queriam conquistar o espaço para convencer o resto do mundo que seu sistema de governo (comunista ou capitalista) era o melhor. Quem conseguisse convencer teria mais chances de implantar seu sistema em mais nações.
- A tecnologia alemã confiscada pelos aliados (entre eles URSS e EUA) após a derrota de Hitler, foi fundamental para a invenção dos satélites e dos foguetes lançadores.
- A Revolução Russa deu início à bipolarização do mundo, possibilitando o surgimento da Guerra Fria e criando condições para a invenção dos satélites.
- A Física que possibilitou o lançamento dos satélites e a ida do homem para a Lua, foi desenvolvida no século XVII, por Isaac Newton, que se baseou em descobertas de outros cientistas, principalmente de Galileu e Kepler.

202

Considerações finais (continuação)

- Para que Galileu e Kepler desenvolvessem suas teorias, foi fundamental o trabalho de Copérnico que iniciou a era do heliocentrismo. As contribuições de Copérnico que ocorreram nos séculos XV e XVI foram muito importantes para que um dia os satélites pudessem ser lançados.
- Aristóteles e Ptolomeu também contribuíram muito, pois criaram teorias que estimularam e difundiram o pensamento cosmológico. Este pensamento levou outros cientistas (como Kepler, Galileu e Newton) a desenvolverem uma ciência que tornou possível a colocação de um corpo em órbita da Terra.
- Os satélites são responsáveis por previsão do tempo, comunicação, navegação, defesa e levantamento de recursos naturais. Eles têm hoje grande importância em nossa sociedade.

203

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, Carlos Drummond de. *A Rosa do Povo*. Ed. Record, RJ, 1987.
- ARBEX, José Jr. *Guerra Fria. Terror de Estado, Política e Cultura*. Ed. Moderna, SP, 1997.
- ARRUDA, José J. de A.; PILETTI, Nelson. *Toda a História*. História Geral e História do Brasil. Ed. Ática, SP, 2003.
- ATLAS DA HISTÓRIA DO MUNDO. The Times- Folha de São Paulo.
- BRENER, Jayme. *A primeira Guerra Mundial*. Ed. Ática, SP, 1999.
- CLARK, Philip. *A Revolução Russa*. Tradução e adaptação, Jayme Brener. Ed. Ática, SP, 1988.
- CORNWELL, John. *Os cientistas de Hitler*. Ciência, guerra e o Pacto com o Demônio. Ed. Imago, RJ, 2003.
- COTRINI, Gilberto. *História e Consciência do Mundo*. Ed. Saraiva, SP, 1999.
- DIVALTE. *História*. Ed. Ática, SP, 2002.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. *Satélites e suas Aplicações*. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola. CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. *O Contexto Histórico da Corrida Espacial*. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola. CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. *O Veículo Lançador de Satélites (VLS)*. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola. CD-ROM.
- FILHO, José Bezerra Pessoa. *Os Benefícios da Corrida Espacial para a Humanidade*. Fortaleza, 2005. Programa AEB Escola. CD-ROM.
- MEDAWAR, Jean & PYKE, David. *O presente de Hitler*. Cientistas que escaparam da Alemanha Nazista. Ed. Record, RJ, 2003.
- MOURÃO, Ronaldo R. de F. *O Livro de Ouro do Universo*. Ed. Ediouro, RJ, 2002.
- STRICKLAND, Carol. *Arte comentada*; da pré-história ao pós moderno. Trad. Ângela Lobo de Andrade. Ed. Ediouro, RJ, 2002.
- UNIVAP. *Foguetes*. Universidade do Vale do Paraíba. Manual do Professor com Atividades de Ciências, Matemática e Tecnologia. PA, 1996.

204

Créditos Vídeo e Áudio

- A Conquista do Espaço (documentário distribuído no Brasil pela Folha de S. Paulo)
- O Espaço (CD ROM) produzido pela Editora Globo)
- Os Treze Dias que Abalaram o Mundo
- The History Channel
- Os Eletos
- Dias que Abalaram o Mundo (Documentário BBC)
- Discovery Channel
- O Grande Ditador (Charles Chaplin)
- Os Beatles (Documentário BBC)
- 007 Contra o Satânico Dr. No

205

Autores:



Erika Zimmermann



Róber Carlos Barbosa Duarte

Narradores:

Cátia Candido da Silva e Róber Carlos Barbosa Duarte

206

Perguntas, sugestões e críticas:

rober.duarte@yahoo.com.br

207