

*“Temos que formar mentes que possam ser críticas, que possam verificar, ao invés de aceitar tudo que lhes é oferecido. O grande perigo hoje em dia, é o dos chavões, das opiniões coletivas, de modas pré-fabricadas de pensamento. Temos de ser capazes de resistir individualmente, de criticar, de distinguir entre o que foi provado e o que não foi. Portanto, precisamos de alunos que sejam ativos, que aprendam cedo a descobrir por si próprios, em parte, através de sua atividade espontânea e, em parte, através do material que lhes apresentamos; que aprendam cedo a distinguir o que é verificável da primeira idéia que lhes vem à cabeça.”. (Piaget, apud Carraher, 1983).*



***Atividade com experimentação no ensino de física utilizando materiais de baixo custo: Sistema Sol - Terra – Lua.***

Aluna de graduação: Ariane Milani Lopes R.A.:008144 Curso: 04 - licenciatura  
Orientador: Dirceu da Silva – FE – Unicamp.

## Índice

	<b>Resumo</b>	<b>3</b>
<b>Capítulo 1</b>	<b>Introdução</b>	<b>3</b>
1.1	Justificativa	3
1.2	Objetivo Geral	4
<b>Capítulo 2</b>	<b>Fundamentação Teórico-didática</b>	<b>4</b>
<b>Capítulo 3</b>	<b>A Atividade</b>	<b>6</b>
3.1	Objetivo	6
3.2	Contexto	7
3.3	Idéia do Experimento	7
3.4	Materiais	13
3.5	Montagem	14
3.6	Metodologia	15
<b>Capítulo 4</b>	<b>Conceitos abordados</b>	<b>15</b>
4.1	Movimentos da Terra	15
4.2	Estações do ano: Algumas implicações no Clima e Radiação Solar Incidente.	16
4.3	Lua: <i>Fases e eclipses</i>	26
<b>Capítulo 5</b>	<b>Aplicações em sala de aula: Resultados</b>	<b>32</b>
5.1	Metodologia	32
5.2	Análise dos Resultados	34
5.3	Conclusões	37
	<b>Referências</b>	<b>38</b>
	<b>Anexo: Questionário</b>	<b>40</b>
	<b>Apêndice</b>	<b>41</b>

## **Atividade com experimentação no ensino de física utilizando materiais de baixo custo: Sistema Sol - Terra – Lua.**

Aluna de graduação: Ariane Milani Lopes R.A.:008144      Curso: 04 - licenciatura  
Orientador: Dirceu da Silva – FE – Unicamp.

### **Resumo**

Fenômenos comuns ao cotidiano dos alunos, as estações do ano, o clima diferente entre as diversas regiões do planeta, os eclipses e as fases da Lua, são geralmente, explicados nos livros didáticos usando figuras, as quais, normalmente não atingem seus objetivos. Assim este trabalho visa aprimorar as explicações destes fenômenos, utilizando experimentos didáticos, simples de serem construídos, e usando materiais de baixo custo e de fácil disponibilidade no comércio.

### ***Capítulo 1 – Introdução***

#### **1.1 - Justificativa**

Em geral, quando se pergunta aos alunos do segundo grau o por quê das estações do ano, alguns deles (muito poucos ou nenhum) prontamente respondem - devido à inclinação do eixo da terra – mas, quando pedimos uma explicação, eles dizem não entender. Assim, procuramos propor atividades que consistam em utilizarmos experimentos de simples construção e com materiais de baixo custo e fácil acesso, para uma complementação do ensino de física no Ensino Médio, atentando à questão da transferência do ensino para o cotidiano, porque entendemos que boa parte dos alunos somente terá acesso aos conhecimentos científicos nesta fase da vida e é de fundamental importância que eles utilizem-nos de forma a questionar o meio em que vivem e a entendê-lo.

Entendemos também, que uma grande parcela dos professores têm dificuldades em explicar os fenômenos apenas se referindo a figuras disponíveis em livros didáticos, bem como os alunos têm enorme dificuldade de visualização dessas figuras, uma vez que as figuras se limitam a uma versão por vezes falha ou incompleta dos fenômenos e, pelo fato de a memória visual ser mais direta e duradoura, o aluno passa a ter a imagem fenomenológica incorreta por longo tempo, dessa forma, o experimento possibilita uma visão tridimensional do fenômeno a fim de criar uma imagem mais fiel e completa da realidade.

Aliado a este fator, temos uma grande dificuldade em encontrar escolas munidas de laboratórios de ciências, o que se agrava ainda mais em escolas públicas, as quais serão o foco deste trabalho.

## 1.2 – Objetivo Geral

Este projeto é parte integrante do meu projeto de iniciação científica, o qual se refere à educação informal, transferência para o cotidiano através de resolução de problemas e utilização de materiais acessíveis para experimentação didática no ensino de física. Assim, tratarei aqui apenas a atividade “Sistema Sol-Terra-Lua”, com o objetivo de estender o projeto, em oportunidade futura, através de outras atividades relacionadas ao Ensino Médio de física, nos diversos campos dessa ciência.

*É preciso incluir na escola a vida cotidiana, as experiências que os alunos trazem de suas casas, do bairro, com a televisão, com as revistas, etc.*

*"O surgimento ao longo do século de novos sistemas comunicativos com diferentes meios, tecnologias e sistemas simbólicos provoca mudanças nas construções culturais. Enquanto a escola prepara para certos conteúdos e linguagens, o resto os alunos devem adquirir no mercado livre e de algum modo negro das culturas de massa (...) Desta maneira, a escola se especializou em dizer coisas que a criança considera certas, mas não reais (não significativas para a vida), enquanto que a televisão, por exemplo, lhe dá coisas reais embora nem sempre certas".*

## Capítulo 2 - Fundamentação Teórico-Didática

No mundo, nada é isolado e, por isso as relações entre os diferentes aspectos do conhecimento têm tido cada vez mais valor em nossa sociedade – de nada nos adianta saber que  $F=m.a$ , se não soubermos que isso se relaciona com aquela sensação de “frio na barriga” quando estamos no elevador, por exemplo.

Em vista dos problemas encontrados no ensino de física atual, podemos proporcionar aos alunos atividades que façam parte de seus cotidianos, que tenham significados para eles, que sejam motivadoras e que despertem o espírito da curiosidade e da observação crítica, atividades que mostrem o extraordinário no ordinário, que os alunos possam enxergar a física num jogo de basquete, no cozimento do alimento, na formação do arco-íris, ou no simples fato de estarem sempre presos ao chão sem conseguirem levitar...

*“Hoje, o grande desafio no cotidiano da sala de aula é saber propor tarefas significativas, desafiadoras, realizáveis. Tarefas nas quais a superação dos obstáculos implica aprendizagem diferenciada e avaliação formativa. Tarefas que requerem observação, regulação, e que desenvolvem sentimento de domínio e participação. Tarefas compartilhadas, coletivas e, ao mesmo tempo, singulares e diversificadas. Tarefas que comunicam sentido e expressam interesses comuns, que solicitam tomadas de decisão e argumentação em favor de sua proposição e realização. Tarefas que colocam situações-problema, cuja execução exala sabor e saber. Tarefas que valem a pena”. (Macedo)*

É neste contexto que a experimentação pode contribuir para o aprendizado e à

formação de uma consciência crítica. Todavia há alguns cuidados que devemos tomar em relação a este tipo de atividade.

Alerta-nos Bachelard (1975) que o ensino de ciências é centrado no que ele denomina empirismo da memória: retemos os fatos, mas esquecemos as razões. Pretender ensinar pelo ato de mostrar como as coisas são, colocando os alunos diante de dados, e não de raciocínios, implica, necessariamente, nessa memorização compulsória. Fatos isolados não compõem um saber.

A reflexão é fundamental.

*“O pensar tem que predominar sobre o lembrar, o criar sobre o repetir”.* (Bachelard)

Há ainda o problema da ilusão de que a ciência é verdade absoluta, imutável, pois os experimentos sempre vêm a confirmar o que os livros afirmam.

O aprendizado é dinâmico e não imutável, para Bachelard, o trabalho educativo consiste em uma relação de diálogo, onde não se dá apenas o intercâmbio de idéias, mas sim sua construção.

*" O diálogo consiste em construir com os demais e chegar a um ponto em que não se está sozinho. E se isso ocorre, não é pela defesa idiossincrática de uma posição, e sim pelo encontro (ou desencontro) de pontos de vista (...) exige que as pessoas estejam envolvidas na conversa de maneira espontânea construindo-o a partir das idéias dos outros. O que exclui as intervenções dos docentes para que os alunos dêem a resposta de antemão, como verdade única à qual é preciso chegar. Supõe a capacidade de escuta, além da tolerância, e a possibilidade de realizar novas conexões".* (Hernández)

As informações só se transformam em conhecimento na medida em que modificam o espírito do aprendiz, isto é, é necessário que haja uma mudança de cultura e racionalidade, é preciso romper com um conhecimento para que outro se instale.

Acima de tudo, o aprendizado só pode ocorrer se a inteligência do aluno for respeitada. As experiências prévias dos estudantes atuam como auxiliares do professor na motivação dos estudantes, sendo que aprendizagem é mais efetiva quando as diferenças linguísticas, culturais e sociais dos estudantes são levadas em consideração (Brito).

Os conhecimentos prévios dos alunos devem ser ativados no momento em que os questionamos ou forneçamos problemas. Se esse conhecimento prévio não for acionado, o aluno não reconhece o problema como sendo um.

Em sala de aula é comum a situação na qual, após o professor ter enunciado um problema e pedido aos alunos que formulem hipóteses (por exemplo, “por que a roupa seca melhor quando tem vento?”), os alunos fiquem calados e não saibam o que dizer, ou respondam a uma pergunta diferente da que se espera (“ quanto mais quente estiver, melhor “”). De acordo com Juan Ignacio Pozo, simplesmente não reconhecem essa pergunta como um problema significativo.

Neste momento o professor deve remetê-los a uma situação mais concreta, mais próxima do seu cotidiano (“Quando você lava o cabelo, como faz para secá-lo mais rapidamente?”), procurando contextos conhecidos dos alunos de forma a guiá-los para um caminho científico e a fomentar a interação e a discussão com os outros colegas, cujas idéias estarão mais próximas das deles do que as do próprio professor. Assim, seguindo uma perspectiva construtivista, a solução de problemas, como toda forma de aprendizagem, inicia-se com a ativação de conhecimentos prévios.

Para Howard Gardner (1993b), qualquer matéria rica, qualquer conceito importante de ser ensinado pode encontrar pelo menos cinco diferentes formas de entrada diferentes: narrativa, lógico-quantitativa, fundacional, estética e experiencial. (...) Um professor habilidoso é uma pessoa que pode abrir um número importante de diferentes entradas para o mesmo conceito.(...) porque os alunos diferem na maneira como têm acesso ao conhecimento em termos de interesse e estilos.

Levando em consideração os quatro pilares do conhecimento instituídos pela Unesco em 1996, a saber:

- Aprender a conhecer, isto é, adquirir os conhecimentos da compreensão; não se trata apenas de adquirir conhecimentos, mas de dominar os instrumentos do conhecimento; é aprender a aprender;
- Aprender a fazer, para poder agir sobre o meio envolvente; não se trata de competência material para executar um trabalho, mas sim de uma combinação de competência técnica com a social (capacidade de trabalhar em equipe, iniciativa, etc.);
- Aprender a viver em comum, cooperar, participar de projetos comuns;
- Aprender a ser; é essencial e integra os três anteriores; envolve discernimentos, imaginação, capacidade de cuidar do seu destino.

Temos como o objetivo mais genérico e também mais fundamental a formação de um cidadão pleno, que cada disciplina deve colaborar para formar. Assim o ensino de ciências não está isento dessa responsabilidade, pelo contrário, é seu fomentador majoritário, uma vez que é a ciência aquela que “desvenda” os mistérios do mundo que nos cerca, que está intimamente ligada ao processo de desenvolvimento da sociedade através das tecnologias que proporciona, dos paradigmas que institui, da formação da racionalidade e da resolução de problemas da mais variada espécie.

### ***Capítulo 3 - A Atividade: Sistema Sol – Terra - Lua***

#### **3.1 - Objetivo**

O objetivo geral desta atividade é abordar conceitos físicos relevantes com a utilização de experimentação dinâmica, i.e., os alunos como sujeitos da atividade, expondo seus conceitos prévios e relacionando-os com os adquiridos na atividade. O objetivo específico é demonstrar como e por quê ocorrem as estações do ano, qual a influência do eixo de rotação da Terra e da forma elíptica da órbita terrestre para a quantidade de radiação solar incidente, como ocorrem os eclipses solar e lunar. Relacionando, sempre que possível, ao cotidiano dos alunos, como por exemplo, no tipo de clima, na poluição causadora do efeito estufa, na radiação ultravioleta a qual provoca câncer de pele, entre outros.

### 3.2 - Contexto

Verificar quais as concepções prévias a respeito deste tema por parte dos alunos do terceiro ano do ensino médio, mostrar qual a função do eixo de rotação da Terra estar inclinado em relação à perpendicular ao plano da órbita terrestre; no que altera a forma elíptica e não circular da órbita. Mostrar suas implicações nos climas, na duração dos dias solares, nas estações do ano.

### 3.3 - Idéia do Experimento

#### Estações do Ano

O experimento é bastante simples. Com uma fonte luminosa comum (Sol) – espalhamento em todas as direções – e uma bola de isopor (Terra) com uma vareta de pipa passando pelo centro da bola, perpendicularmente ao Equador (eixo de rotação), mostra-se o movimento de translação da Terra em torno do sol variando-se a forma da órbita – elíptica e circularmente – e a inclinação do eixo em relação à perpendicular ao plano da órbita. Varia-se também, a posição do eixo.

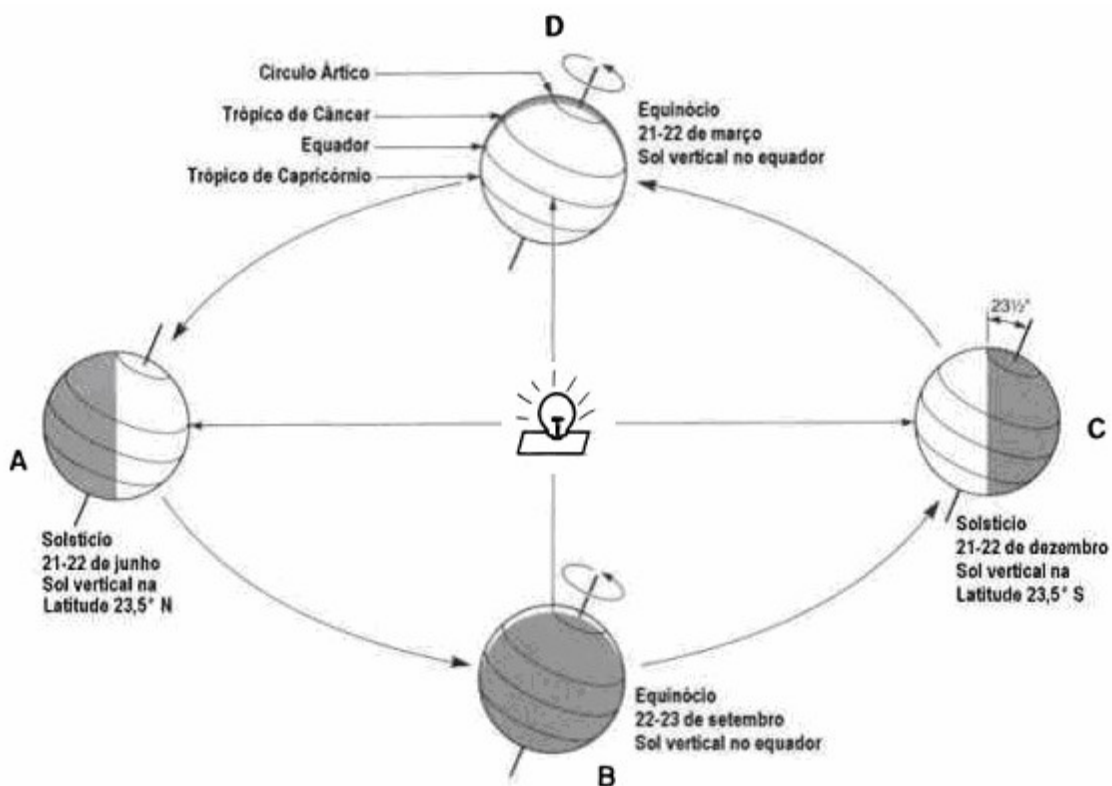


Figura 3.0- Esquema das posições A, B, C e D do globo.

Um ponto fundamental desta demonstração é que o eixo da Terra está sempre paralelo a ele mesmo, ou seja, se começamos a demonstração com o eixo da Terra apontando em direção a uma parede da sala, por exemplo, então ele deverá continuar apontando da mesma forma para a

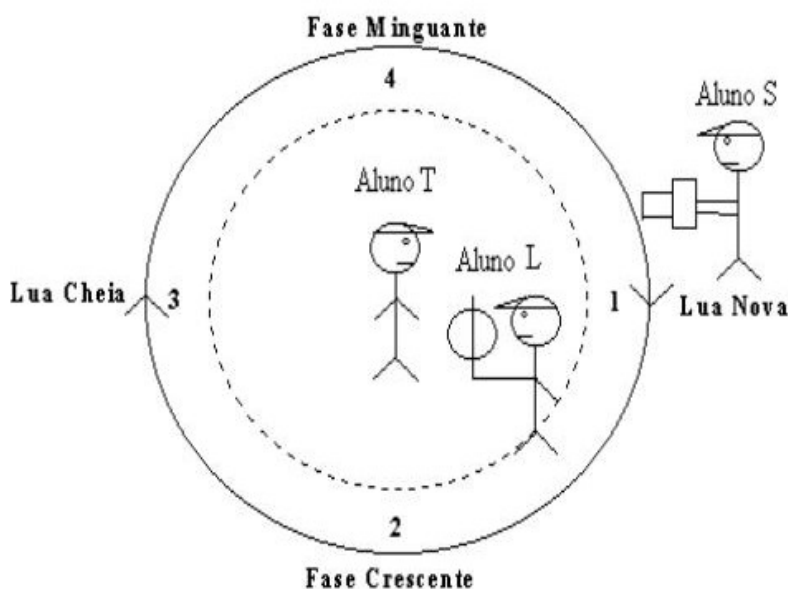
mesma parede quando a bola passar pelos pontos A, B, C e D – como representado na figura 3.0 acima. As estações são causadas por esta inclinação do eixo de rotação da Terra em relação à perpendicular ao plano definido pela órbita da Terra (plano da eclíptica).

### Fases da Lua

Depois dessa etapa introduz-se um novo elemento – a Lua, a qual será representada por uma bola de isopor. Agora a Terra passa a ser representada pela cabeça de um dos alunos, e o Sol por um dispositivo de lâmpada com um tubo de papel alumínio para que a luz chegue paralelamente, facilitando assim a visualização.

A bola de isopor usada na atividade anterior, representando a Terra, agora representará a Lua. Fixa-se um quadrado de cartolina preta (por exemplo, 5 x 5 cm) sobre a superfície da bola de isopor, próximo ao equador (ou seja, a cartolina ficará tangente a algum ponto próximo ao equador lunar. Este quadrado indicará “São Jorge”, ou seja, a face que está sempre voltada para nós, isto é, para o aluno Terra.

O aluno T (Terra) permanece na mesma posição apenas girando sobre si. O aluno L (Lua) que segura a bola de isopor translada em relação ao aluno T. O aluno S (Sol) que segura o dispositivo luminoso anda numa linha reta para a direita e para a esquerda de forma que o feixe de luz sempre esteja apontado na direção da Lua. Aqui, varia-se o plano da órbita lunar para que vejam que não é coincidente com o da terrestre, uma vez que se assim fosse verificaríamos a presença de 2 eclipses mensais, onde em toda fase de lua cheia ocorreria um eclipse lunar e em toda fase de lua nova ocorreria um eclipse solar, o que não procede. O esquema proposto apresenta-se representado pela figura 3.1 abaixo.



**Fig.3.1** -Esquema do sistema Sol-Terra-Lua.O aluno que segura a lâmpada deve ficar a uns 2 ou 3 metros da Terra, apontando seu feixe de luz sempre para a Lua. O aluno que carrega a Lua deve girar ao redor da Terra a cerca de 1 m ou 1,5 m, mas transladando a Lua num plano tal que na posição 1 a Lua passe abaixo da linha Terra-Sol, nas posições 2 e 4 cruze o plano da órbita da Terra ao redor do Sol, isto é, fica na mesma altura dos olhos do aluno Terra; na posição 3 passe acima da linha Terra-Sol. Obs. No esquema as linhas circulares são vistas de cima e os bonecos representam alunos caminhando sobre o círculo pontilhado e o círculo contínuo foi usado para marcar as fases crescentes, minguantes, cheia e nova.

Com esta montagem começamos a atividade reproduzindo o erro do livro didático, isto

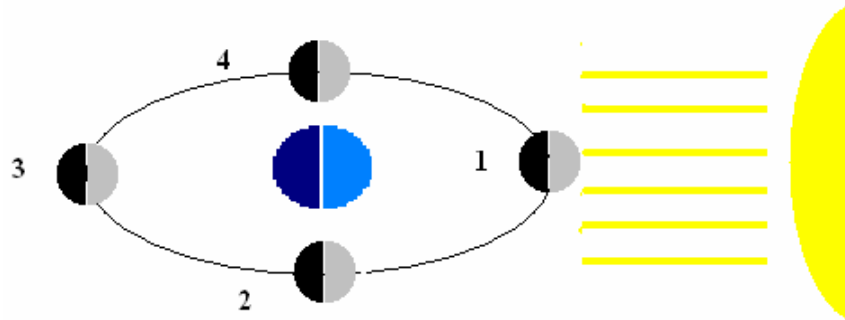


é, fazendo a Lua girar em torno da Terra num plano paralelo ao chão e passando pelo centro da Terra (cabeça do aluno). Estando o Sol no mesmo plano da Terra e da Lua, quando a Lua estiver na posição 1 da Fig. 3.1 haverá eclipse solar e quando estiver na posição 3 da mesma haverá eclipse lunar. E isso se repetiria a cada mês sinódico. Logo, algo está errado.

Como resolver o problema?

Existem duas soluções. A primeira é deslocar o plano da órbita da Lua para cima ou para baixo da cabeça do aluno, mas isso é irreal, pois o plano da órbita da Lua deve passar pelo centro da Terra. Eliminada esta solução, a outra, que é a correta e evita os dois eclipses mensais, é inclinar o plano da órbita da Lua. Inclinar o plano da órbita da Lua significa que, partindo a Lua da posição 1, quando ela deve estar abaixo da linha definida pela direção Terra-Sol, ela chegará à posição 3 acima do feixe da sombra da cabeça do aluno que representa a Terra (não esquecendo que o plano da órbita da Lua passa pelo centro da Terra). Com isto evita-se os dois eclipses mensais e esta é a situação real, ou seja, a Lua não gira ao redor da Terra no mesmo plano que esta gira ao redor do Sol. A inclinação entre os dois planos é de aproximadamente  $5^\circ$ .

**Fig. 3.2** - Esquema de Figura Típica para representar as fases da Lua.



Observe, contudo, que os pontos 2 e 4 da Fig. 3.1 e 3.2 pertencem tanto ao plano da órbita da Lua quanto ao plano a órbita da Terra. Este fato será muito importante quando se estudar os eclipses.

Quando se evita o problema dos eclipses, define-se simultaneamente a inclinação do plano da órbita da Lua em relação ao plano de órbita da Terra. Na posição 1 a Lua da Fig. 3.2 está abaixo da linha Terra-Sol; na posição 2 está na mesma altura da cabeça do aluno Terra (seria quando ela estaria cruzando o plano da órbita da Terra), na posição 3 ela está passando acima da linha Terra-Sol; na posição 4 é a mesma situação da posição 2 e recomeça o ciclo na posição 1.

### Lua nova

É aquela que não se vê, pois ela está na posição 1 (abaixo da linha Terra-Sol), logo, o lado voltado para a Terra não está iluminado, além de estarmos olhando na direção do Sol, o qual nos ofusca a visão. Nesta situação dizemos que a Lua nasce junto com o Sol e se põe junto com ele, mas na noite seguinte (o aluno que segura a Lua deve se deslocar cerca de 1 ou 2 passos na direção do ponto 2) ela vai se pôr um pouco depois do Sol. Assim, logo que o Sol se põe vemos a Lua bem próxima do horizonte oeste, mas como ela está quase na mesma direção

do Sol, vemos apenas uma estreita borda iluminada (que lembra uma banana). Nesta situação já devemos dizer que a Lua está no seu período crescente ou fase crescente. A reflexão da luz da lâmpada sobre a bola de isopor imita muito bem o que se vê no céu, mas só para o(s) aluno(s) que representa(m) a Terra. Os outros alunos vêem situações completamente diferentes dependendo de onde estejam, por isso é muito importante repetir a atividade com todos os alunos (em grupos) ocupando o lugar da Terra.

### **Lua quarto crescente:**

Na medida em que o aluno que segura a bola de isopor se desloca para o ponto 2, vai se vendo uma porção maior da Lua iluminada, pois afinal, estamos na fase crescente. Quando a Lua chega na posição 2, os alunos que representam a Terra verão exatamente um quarto da superfície da Lua iluminada, por isso essa noite em especial, a Lua é chamada de Lua do quarto crescente. Na noite seguinte ela já não tem mais a mesma aparência, por isso não devemos mais chamá-la de quarto crescente, pois afinal, mais que um quarto de sua superfície é visível. Entretanto, ela continua no seu período crescente ou fase crescente.

### **Lua cheia:**

É o nome dado à Lua quando ela está na posição 3. Conforme definido anteriormente ela está passando acima da linha Terra-Sol. Todo o disco iluminado é visível da Terra. Note também que o Sol se pôs à oeste e a Lua está “nascendo” a leste, portanto a Terra está entre ambos. Com a Lua cheia termina a fase crescente. Na noite seguinte a Lua já não é mais cheia e começa, então, o período ou fase da lua minguante.

### **Lua quarto minguante:**

Cerca de sete noites após a lua cheia veremos novamente um quarto da superfície da Lua iluminada, por isso essa noite, em particular, é chamada de Lua quarto minguante, quando então ela estará passando pelo ponto 4.

### **A Lua gira ou não gira sobre si?**

Muitas pessoas respondem prontamente a esta questão: “não gira!” E dizem mais: “pois sempre vemos a mesma face na qual está o” São Jorge “. Nessa montagem é fácil demonstrar que a Lua gira sobre ela mesma. O aluno que segura o Sol começou esta atividade não vendo o” São Jorge “, quando a Lua estava na posição 1, pois o quadrado negro, que está representando o” São Jorge “estava voltado para a Terra. Mas quando a lua estava na posição 3, o aluno que segura a lâmpada viu o” São Jorge “; logo a Lua girou sobre ela mesma, senão isso não seria possível. Todos os outros alunos que estiverem observando a atividade confirmarão o que disse o aluno Sol, pois eles também verão as duas faces da Lua.

Claro que o aluno Terra não está muito convencido que a Lua gira sobre ela, afinal ele sempre vê o “São Jorge”. Podemos convencê-lo que a Lua gira sobre si, refazendo a demonstração, mas com a Lua, de fato, não girando sobre ela. Então, começando com a Lua na posição 1 com o “São Jorge” virado para a Terra e, portanto, virado também para a posição 3 e virado, digamos, para a parede que está atrás da posição 3. O aluno que transporta a Lua deve, então, fazer a Lua girar ao redor da Terra, mas com o “São Jorge” sempre voltado para a mesma parede que está atrás da posição 3. Feito isso, o Aluno Sol e todos aqueles que estavam

ao lado dele sempre observam a mesma face da Lua e garantem que ela não girou. O aluno Terra, por outro lado, acredita que a Lua não girou sobre ela, mas agora ele viu as duas faces da Lua, ou seja, agora que ficou evidente que a Lua não girou, ele viu as duas faces. Porém, isso não é a realidade. Então, a Lua realmente gira sobre ela. Esta atividade convence a muitos que a Lua gira sobre si mesma enquanto gira ao redor da Terra, mas não convence a todos. De fato, o movimento de rotação da Lua ocorre no mesmo tempo em que ela gira ao redor da Terra. Por isso vemos sempre a mesma face, isto é, o mesmo “São Jorge”.

### Os eclipses solares e lunares

Antes de falar em eclipse é preciso definir e entender o que é sombra e penumbra. Usando a lâmpada com o tubo de papel alumínio, projeta-se a sombra da bola de isopor na parede. Pode-se ver que há duas regiões distintas de sombra: uma bem escura, no centro, chamada de *sombra* e ao redor desta, uma região menos escura chamada *penumbra*, conforme ilustra a Fig. 3.3.

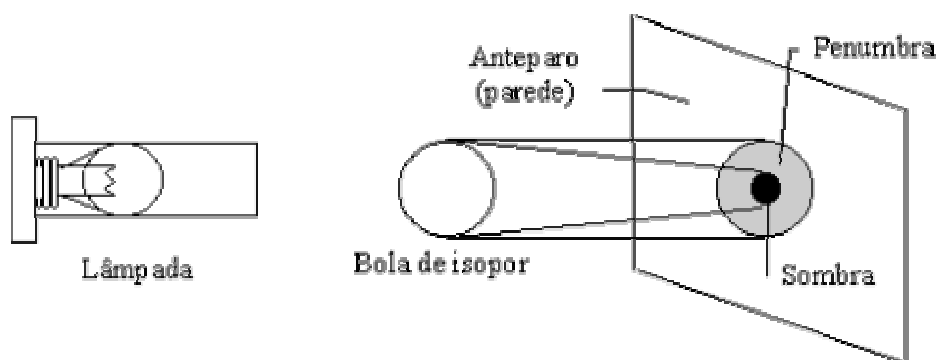


Fig.3.3- Esquema para visualizar a sombra e a penumbra da bola de isopor projetada sobre a parede.

Encostando a bola de isopor na parede vê-se apenas a sombra e afastando-se a bola da parede, começa a diminuir o tamanho da sombra e aumentar o tamanho da penumbra. A Terra também projeta uma sombra e uma penumbra. Quando a Lua atravessa apenas a região da penumbra da Terra dizemos que é um eclipse lunar penumbral, e quando a Lua também atravessa a sombra da Terra, temos o eclipse lunar propriamente, sendo que no penumbral a Lua continua visível, porém escurecida e no lunar ela fica invisível. Em ambos os casos, pode-se ter eclipse parcial ou total da Lua. Claro que se a Lua está atravessando a sombra (ou penumbra) da Terra, a Lua está ou na lua cheia ou muito próxima dela (antes ou depois).

O eclipse solar pode ser parcial, total ou anular (quando a Lua passa exatamente na frente do Sol, mas por estar mais distante da Terra do que em outras circunstâncias não conseguiu cobrir o disco solar completamente). Se a Lua está entre a Terra e o Sol é porque é uma lua nova.

O experimento com a bola de isopor não permite ver os eclipses em todas as suas particularidades devido às desproporções entre os volumes da bola de isopor, da Terra e desproporções entre as distâncias Terra-Lua e Terra-Sol. Contudo permite simular suas

ocorrências, tanto os lunares quanto os solares.

Para mostrar as Fases da Lua, a Terra não tinha translação. A Lua passava pela posição 1 (Fig. 3.2) abaixo do plano da órbita da Terra (definido como o plano paralelo ao chão e passando pelo centro da cabeça do aluno Terra), cruzava o plano da órbita da Terra na posição 2, passava pela posição 3 acima do plano da órbita da Terra, e pela posição 4 cruzando de novo o plano da órbita da Terra e começava o ciclo pela posição 1 abaixo da órbita da Terra.

O plano de translação da Lua ao redor da Terra não muda enquanto esta gira ao redor do Sol. Para simular os eclipses, o aluno Terra, agora, deverá transladar lentamente ao redor do Sol, que continuará apontando seu feixe de luz para a Lua. Na Fig.3.4, esquematizamos essa atividade. Conforme explicado no item Fases da Lua, a inclinação entre os planos das órbitas da Lua ao redor da Terra e desta ao redor do Sol é de  $5^\circ$ , o que evita os dois eclipses mensais.

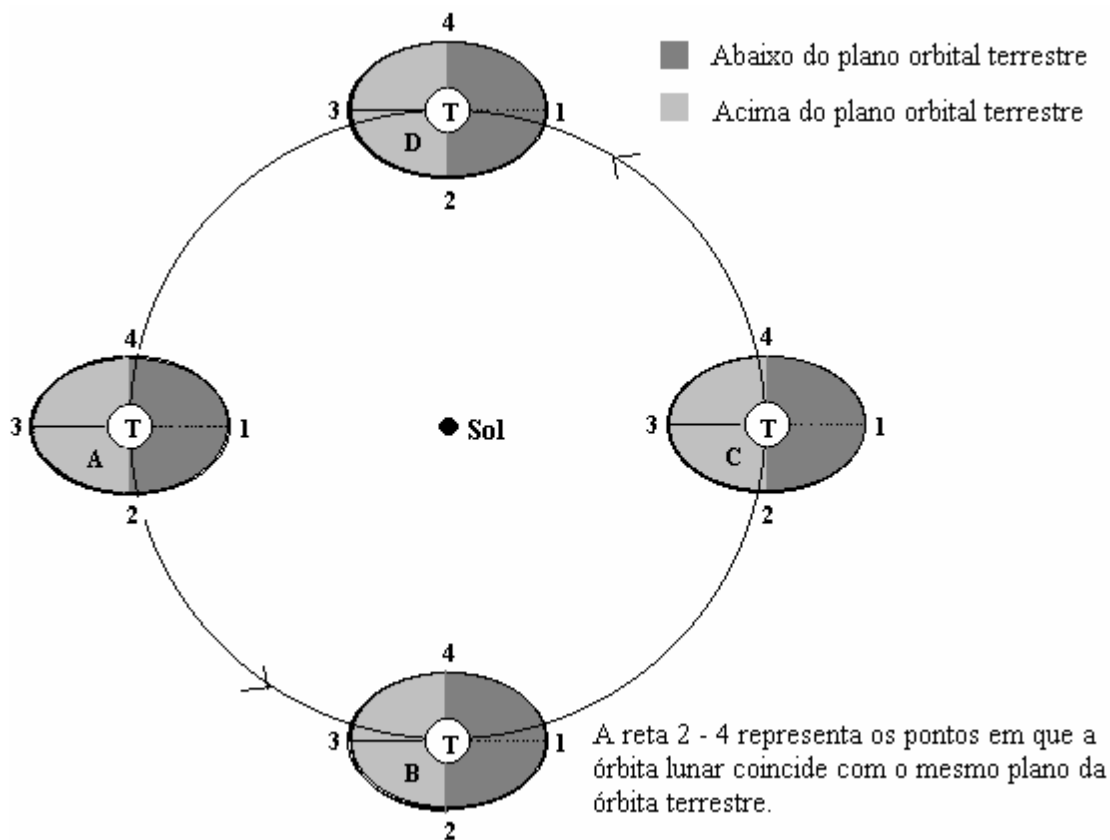


Fig. 3.4 - Esquema da Terra girando ao redor do sol e da Lua girando ao redor da terra em posições A, B, C, e D. Obs: A órbita da Lua não é fechada como desenhada. O desenho atende a outros propósitos explicados no texto. A linha 2-4 sempre pertence aos dois planos (órbita da Lua ao redor da Terra e órbita da Terra ao redor do Sol) simultaneamente. O ponto 1 sempre está abaixo do plano da órbita da Terra e o ponto 3 sempre acima do mesmo plano.

Toda a explicação das fases da Lua ocorreu com a Terra no ponto A da Fig 3.4. Note que nesta Figura o ponto 1 (semicírculo mais escuro entre os pontos 4, 1 e 2) sempre está abaixo do

plano da órbita da Terra e o ponto 3 está acima do mesmo, enquanto que o segmento que liga os pontos 2 e 4 sempre pertence a ambos os planos da órbita da Lua e da Terra, ou seja, a órbita da Lua não muda com a translação da Terra. Note que nas posições A e C nunca ocorrem eclipses, contudo nas posições B e D eles podem ocorrer, pois a Lua pode estar passando pelas posições 4 ou 2 e, portanto, cruzando a linha Terra-Sol. Quando a Lua passar pelas posições B4 ou D2 é Lua nova e um eclipse solar pode ocorrer, quando ela passar por B2 ou D4 é Lua cheia e eclipses lunares podem ocorrer. O aluno que transporta a Lua (bola de isopor) deve procurar manter sempre a mesma trajetória para a bola de isopor, independente do movimento da Terra.

### 3.4 - Materiais

- **A lâmpada**

Sugere-se usar uma lâmpada de 60 W (127 V ou 220 V), esta deve ser opaca cuja finalidade será apenas a de evitar que a lâmpada ofusque aqueles que estiverem à volta. Veja um esquema na Fig. 3.5 abaixo.

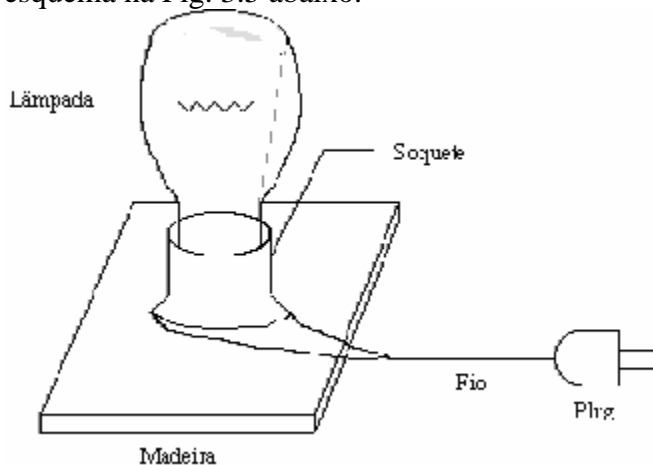


Fig. 3.5- Esquema da montagem da lâmpada no suporte de madeira.

- **O ambiente...**

Para a realização desta atividade será necessário um ambiente escuro ou pelo menos escurecido, uma mesa sobre a qual apoiar a lâmpada e alguns livros (ou caixa de sapato) para serem colocados sob a lâmpada, de tal forma que o filamento desta fique aproximadamente na mesma altura do centro da bola de isopor (que, por sua vez, estará na mão da pessoa que apresentará a atividade). E, é claro, uma tomada (ou pilhas no caso de uma lanterna).

- **Quando a Lua entra em cena...**

Para a atividade que contém a Lua, usaremos a mesma bola de isopor com um eixo, especificada no experimento referente às estações do ano e a lâmpada conectada no soquete preso numa base de madeira. Para representarmos os raios de luz provenientes do Sol, que chegam praticamente paralelos entre si, façamos um tubo cilíndrico de papel alumínio, com um diâmetro igual ao da lâmpada e com comprimento de 30 cm. Coloque o tubo de papel alumínio

ao redor da lâmpada e quando acesa teremos um fecho de luz que pode ser direcionado, tal qual o de uma lanterna, aliás, esta também pode ser usada.

**Figura 3.6: Tabela dos materiais**

Item	Comentários
3 m de fio branco paralelo	
plug	Conectar um plug numa das extremidades do fio e um soquete na outra.
soquete	Fixar este soquete num pedaço de madeira (usar soquete que já tenha um furo em seu interior próprio para passar um parafuso e assim fixar na madeira. Isolar com fita isolante os terminais do fio no soquete).
Lâmpada de 60 W	Colocá-la no soquete.
Bola de isopor de 15 a 30 cm de diâmetro e vareta com comprimento maior que o diâmetro da bola.	Essas bolas são separáveis em dois hemisférios que se encaixam. Separar os dois hemisférios e furá-los em seus centros (de dentro para fora) com uma vareta. Fechar a bola e atravessá-la com a vareta. Sugere-se usar uma bola de isopor com 20 ou 25 cm de diâmetro, atravessada por um eixo que pode ser uma vareta de pipa, ou vareta de churrasco, vareta de bambu, ou algo similar e que sirva a este propósito.
Suporte para a lâmpada	Tal que seu filamento fique aproximadamente na mesma altura do centro da bola de isopor. Ex: livros, cadernos, caixa de sapatos, etc.
Tubo cilíndrico de papel alumínio	Com um diâmetro igual ao da lâmpada e com comprimento de 30 cm. Apenas para a atividade que engloba a Lua.

### 3.5 - Montagem

Providenciar cerca de 3 m de fio branco paralelo, conectar um plug numa das extremidades e um soquete na outra. Fixar este soquete num pedaço de madeira (usar soquete que já tenha um furo em seu interior próprio para passar um parafuso e assim fixar na madeira). Isolar com fita isolante os terminais do fio no soquete.

Colocar uma lâmpada de 60 W neste soquete; a lâmpada deve ser opaca para que não ofusque a vista dos alunos que estarão ao redor.

Providenciar uma bola de isopor de 15 a 30 cm de diâmetro. Essas bolas são separáveis em dois hemisférios que se encaixam. Separar os dois hemisférios e furá-los em seus centros (de dentro para fora) com uma vareta de pipa ou similar. Fechar a bola e atravessá-la com a vareta. A vareta representará o eixo de rotação da Terra. Providenciar algum suporte para a lâmpada (livros, cadernos, caixa de sapatos, etc) tal que seu filamento fique aproximadamente

na mesma altura do centro da bola de isopor. Ligando o plug numa tomada teremos o “Sol” aceso e iluminando a Terra (bola de isopor). Claro que para isso é preciso de um ambiente escurecido. Também é bom que se chame à atenção para o fato de que a bola de isopor e a lâmpada que representam a Terra e o Sol estão fora de escala.

### **3.6 - Metodologia**

Num primeiro momento, os alunos serão questionados sobre seus pré-conceitos neste tema, através da elaboração de uma explicação, seja ela escrita ou oral sobre o mesmo. Na etapa seguinte, será fornecido material de apoio para que realizem uma pesquisa sobre o tema – se possível utilização da internet – e, será pedido novamente para que elaborem uma explicação para o fenômeno, analisando possíveis diferenças sobre a anterior.

A seguir, a experimentação, vem de fato a abordar as dúvidas surgidas, as falhas de conceito, enfim, a ruptura com o conhecimento prévio de modo a se construir um novo conhecimento mais fundamentado e significativo para os alunos, sem que seja um conceito instituído, mas sim construído.

## **Capítulo 4 - Conceitos abordados**

Os conceitos abordados serão aqueles tratados na atividade de experimentação e seus correlacionados, descritos a seguir.

### **4.1 -Movimentos da Terra**

A Terra circunda o Sol, tal como os demais planetas, em movimento de translação elíptica. A Lua é satélite da Terra.

Galileu descobriu os satélites de Júpiter, o que contribuiu para prestigiar o Sistema Planetário concebido por Copérnico. Baseando-se nas medições astronômicas realizadas por Tycho Brahe, Kepler enunciou as três leis que descrevem o movimento dos planetas (cinemática). Com bases nestas, Newton descobriu a Lei da Gravitação Universal, assim estendendo ao Cosmos as Leis da Dinâmica descobertas na Terra.

Astronomia significa leis dos movimentos dos astros. O estudo de qualquer movimento requer a adoção de um referencial, isto é, um corpo geométrico rígido adequado para determinar inequivocamente a posição do móvel em qualquer data. Pode ser um sistema de três eixos Ox, Oy e Oz perpendiculares dois a dois (referencial cartesiano). Em geografia adota-se sistema de referência constituído por planos paralelos e planos meridianos; as correspondentes coordenadas são a latitude e a longitude; segundo a vertical do lugar mede-se a altitude.

Copérnico adotou referencial ligado a estrelas: origem no Sol e eixos ligados rigidamente a estrelas fixas. Seu sistema astronômico é heliocêntrico. A Cinemática é simples (Leis de Kepler), a Dinâmica também (Leis de Newton).

O globo terrestre executa dois movimentos principais: um movimento diurno e um movimento anual.

Descreve sua órbita anual em torno do Sol em movimento de **translação** elíptico (aproximadamente circular), com período igual a 365,25 dias solares médios. Simultaneamente, ele executa seu movimento diurno: **rotação** em torno do eixo diametral Sul-Norte, com período solar 24 h= 86 400 s.

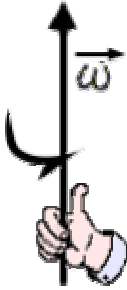


Figura 4.0 - Movimento de rotação possui velocidade angular  $\omega$ . Esta é vetor na direção do eixo de rotação e sentido determinado pela Regra da Mão Direita. Os movimentos de rotação e de translação da Terra são concordes em sentido dito progressivo. O eixo de rotação da Terra é um diâmetro do globo; suas extremidades são os pólos geográficos Sul e Norte da Terra.

$$\omega_{\text{trans.}} = 2\pi/365,25 \text{ rad/dia}$$

$$\omega_{\text{rot.}} = 2\pi/86\,164 \text{ rad/s}$$

Em seu movimento anual em torno do Sol, a Terra descreve em trajetória elíptica um plano que é inclinado de aproximadamente  $23,5^\circ$  com relação ao plano equatorial. Esta inclinação é responsável pela variação da elevação do Sol no horizonte em relação à mesma hora, ao longo dos dias, dando origem às estações do ano.

## 4.2 - Estações do Ano: Algumas implicações no Clima e na Radiação Solar Incidente.

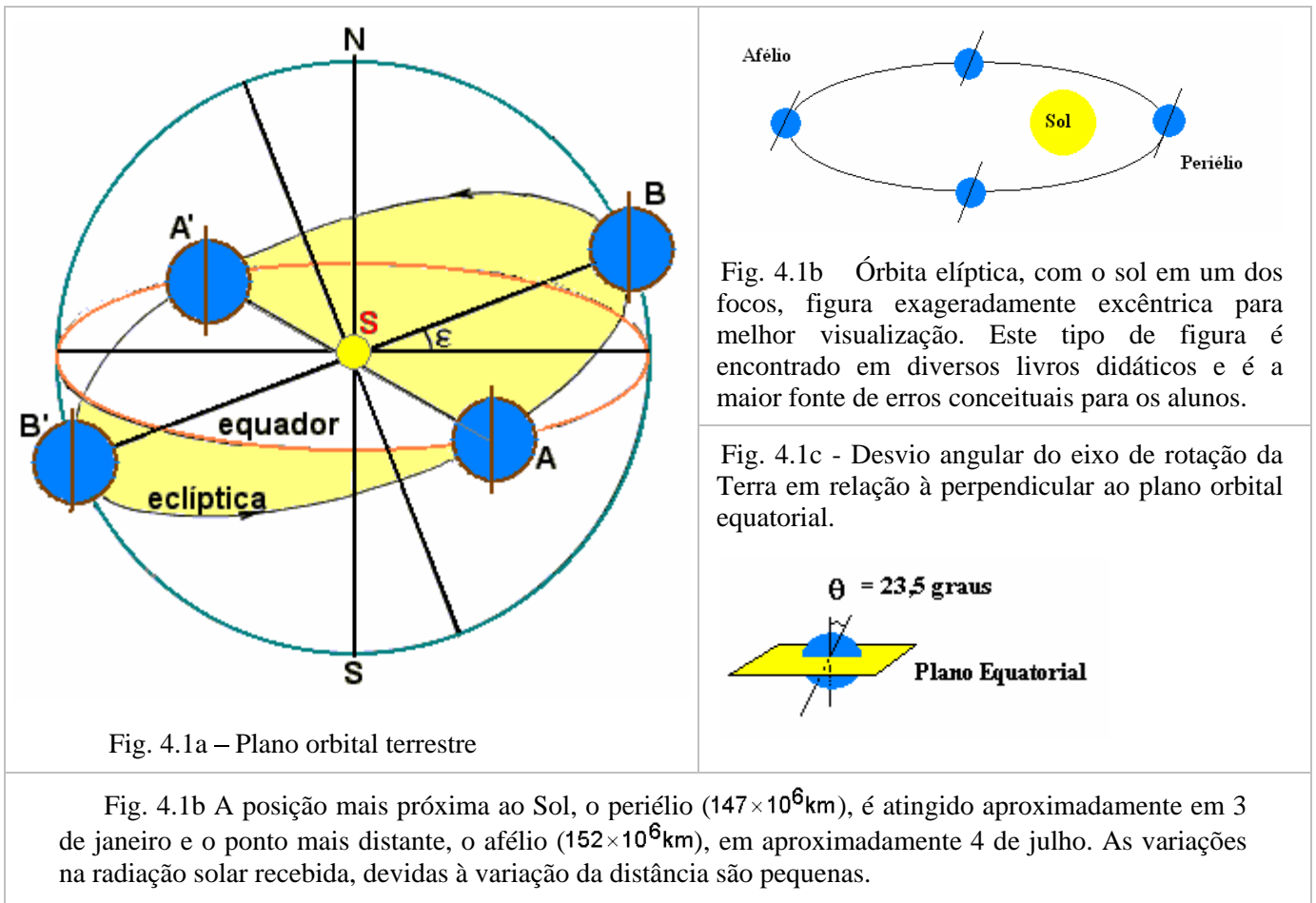
Embora a órbita da Terra em torno do Sol seja uma elipse, e não um círculo, a distância da Terra ao Sol varia somente 3%, sendo que a Terra está mais próxima do Sol em janeiro. Mas é fácil lembrar que o hemisfério norte da Terra também está mais próximo do Sol em janeiro e é inverno lá.

Devido a esta inclinação, à medida que a Terra orbita em torno do Sol, os raios solares incidem mais diretamente em um hemisfério ou outro, proporcionando mais horas com luz durante o dia a um hemisfério ou outro e, portanto, aquecendo mais um hemisfério ou outro.

No Equador todas as estações são muito parecidas: todos os dias do ano o Sol fica 12 horas acima do horizonte e 12 horas abaixo do horizonte. A única diferença é a altura do Sol: em  $\sim 21.06$  o Sol cruza o meridiano  $23^\circ 27'$  ao norte do Zênite, em  $\sim 23.09$  o Sol cruza o meridiano  $23^\circ 27'$  ao sul do Zênite, e no resto do ano ele cruza o meridiano entre esses dois pontos. Portanto a altura do Sol ao meio-dia no Equador não muda muito ao longo do ano e, conseqüentemente, não existe muita diferença entre inverno, verão, primavera ou outono.



À medida que se afasta do Equador, as estações ficam mais acentuadas. A diferença torna-se máxima nos pólos.



A inclinação faz com que a orientação da Terra em relação ao Sol mude continuamente enquanto a Terra gira em torno do Sol. O Hemisfério Sul se inclina para longe do Sol durante o nosso inverno e em direção ao Sol durante o nosso verão. Isto significa que a altura do Sol, o ângulo de elevação do Sol acima do horizonte para uma dada hora do dia (por exemplo, meio dia) varia no decorrer do ano. No hemisfério de verão as alturas do Sol são maiores, os dias mais longos e há mais radiação solar. No hemisfério de inverno as alturas do Sol são menores, os dias mais curtos e há menos radiação solar.

A posição angular do Sol, ao meio dia solar, em relação ao plano do Equador (Norte positivo) é chamada de Declinação Solar ( $\delta$ ). Este ângulo varia de acordo com o dia do ano, dentro dos seguintes limites:

$$-23,45^\circ \leq \delta \leq 23,45^\circ$$

A soma da declinação com a latitude local determina a trajetória do movimento aparente do Sol para um determinado dia em uma dada localidade na Terra.

Obs: Esta declinação varia neste intervalo devido ao fato de a luz do sol chegar perpendicularmente à superfície, somente entre as extremas posições da linha do equador.

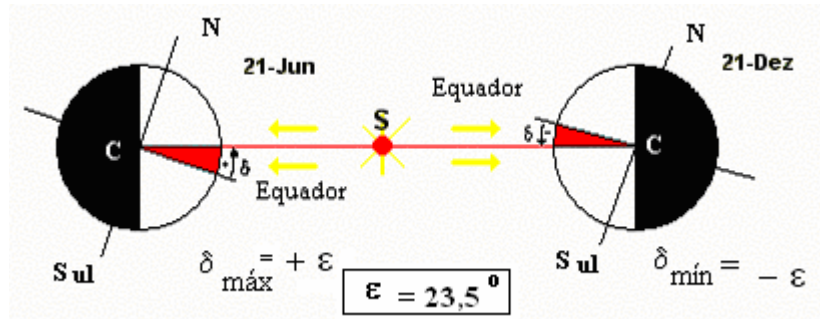


Fig. 4.2 - A declinação do Sol é positiva entre 21-Mar e 23-Set; o raio SC incide ao N do equador terrestre. Entre 23-Set e 21-Mar o raio SC incide ao S do equador.

A quantidade total de radiação solar recebida depende não apenas da duração do dia como também da altura do Sol. Como a Terra é curva, a altura do Sol varia com a latitude. Isto pode ser visto na Fig. 4.3. A altura do Sol influencia a intensidade de radiação solar, ou irradiância, que é a quantidade de energia que atinge uma área unitária por unidade de tempo (também chamada densidade de fluxo), de duas maneiras. Primeiro, quando os raios solares atingem a Terra verticalmente, eles são mais concentrados. Quanto menor a altura solar, mais espalhada e menos intensa a radiação (Fig. 4.4). Segundo, a altura do sol influencia a interação da radiação solar com atmosfera. Se a altura do sol decresce, o percurso dos raios solares através da atmosfera cresce (Fig.4.3) e a radiação solar sofre maior absorção, reflexão ou espalhamento, o que reduz sua intensidade na superfície.

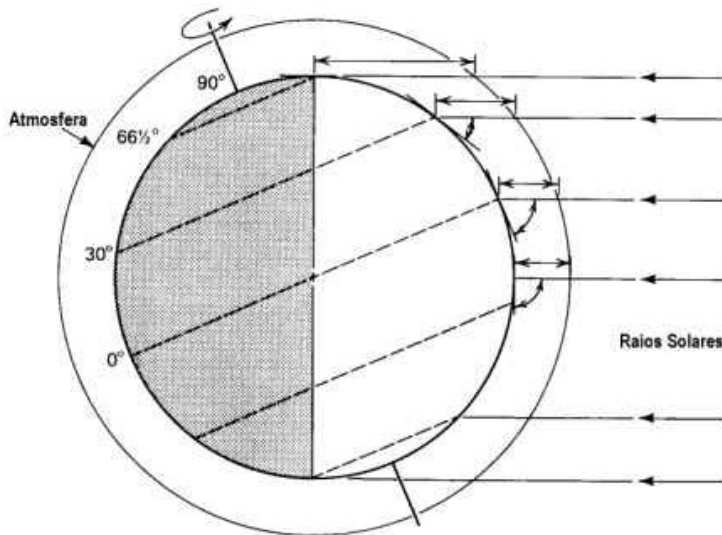


Fig. 4.3 - Variação da altura do Sol com a latitude. Se a altura do Sol é pequena, os raios que atingem a Terra percorrem distância maior na atmosfera.

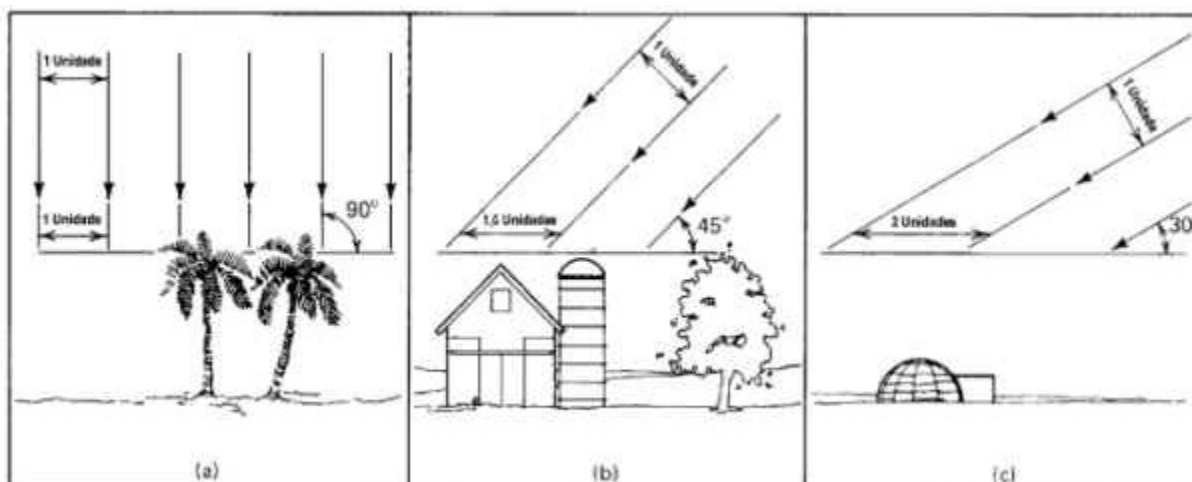


Fig. 4.4 - Variações na altura do Sol causam variações na quantidade de energia solar que atinge a Terra. Quanto maior a altura, maior a energia recebida.

A incidência de raios verticais do sol, portanto, ocorre entre  $23^{\circ}27'N$  e  $23^{\circ}27'S$ . Todos os locais situados na mesma latitude têm idênticas alturas do Sol e duração do dia. Se os movimentos relativos Terra-Sol fossem os únicos controladores da temperatura, estes locais teriam temperaturas idênticas. De um modo geral, a temperatura varia de modo inverso com a latitude. Quanto maior for a latitude, aumenta a inclinação dos raios solares do equador para os pólos e terão de atravessar uma maior espessura da atmosfera, diminuindo assim, a energia recebida. Contudo, apesar da altura do Sol ser o principal controlador da temperatura, não é o único.

Em Campinas, cuja latitude é de  $22,904^{\circ}S$  (sul) e longitude  $47,078^{\circ}W$  (oeste) temos a seguinte variação na taxa de radiação incidente ao longo do ano, mostrada na tabela abaixo.

Figura 4. 5 – Alguns dados para a cidade de Campinas.

MES	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Radiação	5.33	5.56	5.22	4.53	4.06	3.56	4.19	4.58	4.75	5.58	5.86	5.53
MÍNIMO: 3.56	MÁXIMO: 5.86			MÉDIA: 4.90			DELTA: 2.30 (var.)					
<b>Posição do Sol</b>												
Hora local: 12:00												
<b>Declinação</b> graus (positivo se hemisfério norte)	-22.97	-16.00	-7.45	4.68	15.1	22.1	23.0	17.9	8.15	-3.32	-14.54	-21.85
<b>Ângulo de Altura</b>	87.32	82.14	73.7	62.2	51.8	44.8	43.8	48.9	58.8	70.31	81.31	88.67
Graus												
<b>Hora do Nascer do Sol</b>	05:30	05:51	06:07	06:19	06:31	06:45	06:53	06:45	06:21	05:51	05:26	05:17
(hora local)												
<b>Hora do pôr do Sol</b>	18:53	18:51	18:33	18:03	17:38	17:26	17:30	17:42	17:54	18:03	18:16	18:36
(hora local)												
<b>Hora Solar</b>	11:48	11:38	11:39	11:48	11:54	11:54	11:48	11:45	11:52	12:02	12:08	12:02

Os dados da tabela mostram a radiação diária média mensal ( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{dia}$ ) para todos os meses do ano, a partir de janeiro. Fonte: cresesb-cepel e IF.ufrgs.

Com a atmosfera límpida, a energia radiante incidente na superfície da Terra por unidade de área depende da duração da exposição e da altura do Sol. Em cada local, a altura máxima do sol ocorre ao meio-dia.

Chama-se constante solar a potência da radiação solar incidente na alta atmosfera por unidade de área em superfície normal aos raios; é ela:  $(CS) \cong 2,0 \text{ cal/min.cm}^2 \cong 1,4 \text{ kW/m}^2$

A Terra recebe energia radiante solar no hemisfério iluminado; simultaneamente, em todo o globo, ela emite energia radiante para o espaço cósmico.

Em média, a temperatura em uma região do globo é determinada principalmente por estes ganhos e perdas, mas há outros fatores poderosamente influentes. Por exemplo: ventos dominantes, frentes frias e quentes, corrente do Golfo, 'El Niño'. Um dos fatores climáticos mais decisivos é a diferença na distribuição de terras e mares entre os dois hemisférios. A terra acumula a energia recebida na insolação até 10 ou 15 cm de profundidade enquanto na água este aquecimento chega a 100 m. Como a camada de terra libera mais facilmente a energia recebida, o hemisfério norte tem os verões muito mais quentes e os invernos muito mais frios.

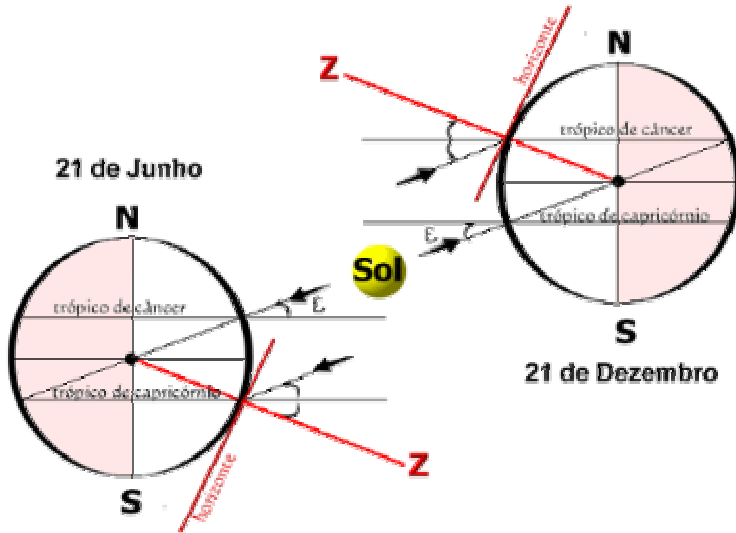
A alternância de Equinócios e Solstícios decorre da obliquidade e da eclíptica: o eixo SN da Terra faz ângulo  $(90^\circ - \varepsilon) = 66,55^\circ$  com o plano da eclíptica. Resultam as quatro estações do ano entre os sucessivos Equinócios e Solstícios:

Em cada zona da Terra a insolação (exposição à radiação solar) varia de uma estação para outra. É este o fator preponderante nas condições meteorológicas (temperatura, umidade do ar, regime de chuvas, ventos, correntes marítimas etc). Por sua vez, estes fatores influem na vida vegetal (semeadura, colheita) e na vida animal (migrações, ...).

De uma estação para outra, a variação das condições físicas e biológicas se acentua com o aumento de latitude da zona terrestre considerada.

Há 4 dias com especial significado na variação anual dos raios solares em relação à Terra. No dia 21 ou 22/12 os raios solares incidem verticalmente ( $h=90^\circ$ ) em  $23^\circ 27' S$  (Trópico de Capricórnio). Este é o solstício de verão para o Hemisfério Sul (HS). Em 21 ou 22/6 eles incidem verticalmente em  $23^\circ 27' N$  (Trópico de Câncer). Este é o solstício de inverno para o HS. A meio caminho entre os solstícios ocorrem os equinócios (dias e noites de igual duração). Nestas datas os raios verticais do Sol atingem o equador (latitude =  $0^\circ$ ). No HS o equinócio de primavera ocorre em 22 ou 23 de setembro e o de outono em 21 ou 22 de março. As direções relativas dos raios solares e a posição do círculo de iluminação para essas datas estão representadas na Fig. 4.7.

Zênite é um eixo imaginário normal à superfície da Terra num dado ponto ou latitude. A altura do sol é definida com o ângulo entre a radiação solar ao meio dia local e um plano tangente ao ponto ( $90^\circ$  com Zênite, e que representa a linha do horizonte).



### Nota Histórica

Os antigos faziam habitualmente navegação costeira. Temiam navegação em alto-mar principalmente devido à falta de acidentes geográficos de referência. Daí a importância do resultado supra. A altura do Sol em culminância era determinada mediante um instrumento chamado astrolábio (= o que apanha o astro). A declinação  $\delta$  do Sol era tabelada em função do dia do ano. A medição da latitude assegurava o controle da navegação ao longo de um paralelo da Terra. Em museu exibe-se o astrolábio construído no ano 839 d.C. por Mohammed Ibn Achmed, em Medina. Astrolábio foi usado pelos navegantes até após o século dos descobrimentos.

Figura 4.6- (21-Jun) No trópico de Câncer o Sol culmina no zênite, portanto a altura do sol é  $90^\circ$  por definição. No trópico de Capricórnio o Sol culmina com distância zenital  $2\varepsilon$  N, altura  $h = (90^\circ - 2\varepsilon)$ . São Paulo fica um pouco ao Sul do Trópico de capricórnio; o Sol culmina com altura  $h$  de quase  $45^\circ$  N, a menor do ano. (21-Dez) No Trópico de Capricórnio o Sol culmina no zênite. No Trópico de Câncer o Sol culmina com distância zenital  $2\varepsilon$  S, altura  $h = (90^\circ - 2\varepsilon)$ . Havana - Cuba fica um pouco ao Sul do Trópico de Câncer; o Sol culmina com altura  $h$  de quase  $45^\circ$  S, a menor do ano.

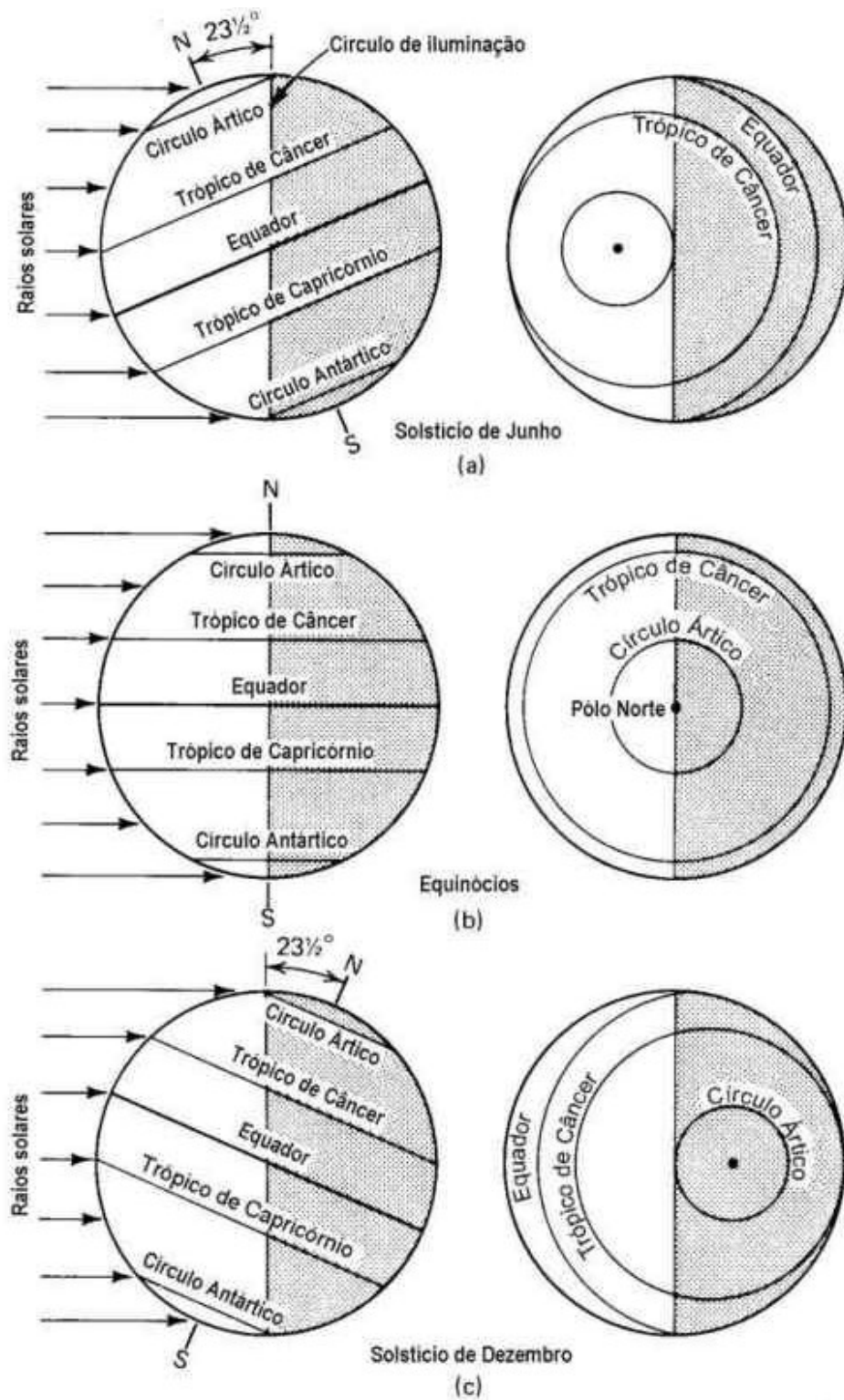


Fig. 4.7 - Características dos solstícios e equinócios

Seja  $E_z$  a energia solar incidente no Zênite, temos:

$$E_z = 0,61 \times \frac{1}{4} \times 1367 \text{ W/m}^2 = 208 \text{ W/m}^2 = 750 \text{ kW} - \text{h/m}^2$$

Se definirmos **insolação solar** como a quantidade de energia solar que atinge uma unidade de área da Terra,

$$I = \frac{E_z}{A}$$

e considerando que quando o Sol está a uma altura  $\theta$  em relação ao horizonte, a mesma energia é espalhada por uma área

$$A' = \frac{A}{\text{sen } \theta}$$

vemos que devido à variação da altura máxima do Sol para um lugar (causada pela inclinação da órbita) acontece uma variação da área iluminada na superfície da Terra e, portanto, uma variação na insolação.

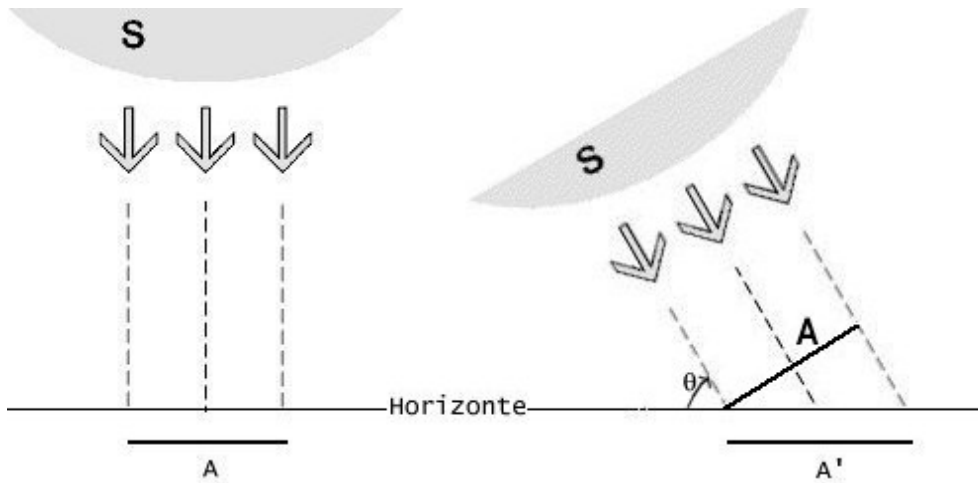


Fig. 4.8 – Variação na altura do sol, e, portanto na quantidade de radiação incidente na superfície.

Para Campinas, cuja latitude é  $23^\circ\text{S}$ , a altura máxima do Sol no Solstício de Verão (21 Dez) é  $\theta_v = 80,5^\circ$ , já que o Sol está a ( $23^\circ \text{ lat} - 23,5^\circ \text{ decl.}$ )  $0,5^\circ$  do zênite ao meio-dia local.

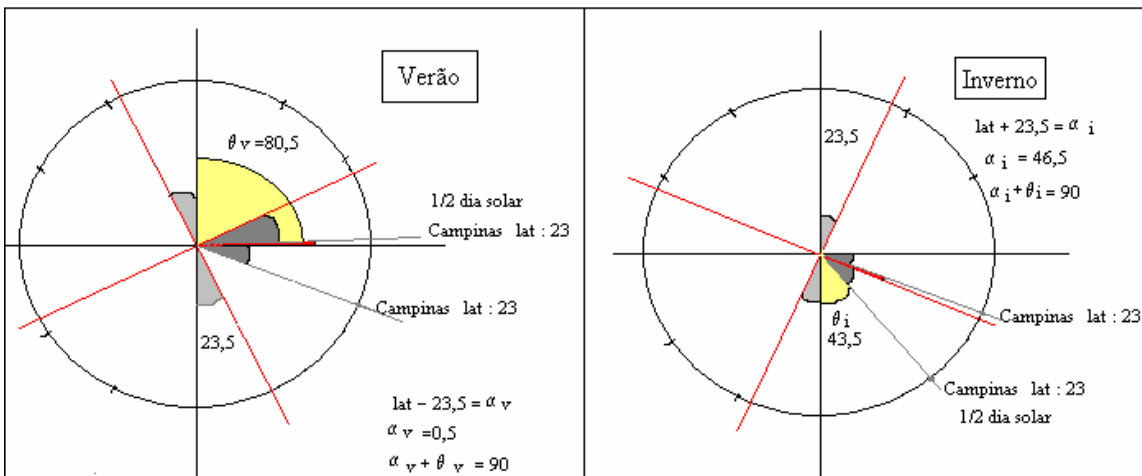


Fig. 4.9 – Variação na altura do sol para a cidade de Campinas.

Ao meio-dia, no Solstício de Inverno ( $\approx$  21 Jun), a altura máxima do Sol é  $\theta_i = 43,5^\circ$ , já que o Sol está a ( $23^\circ\text{lat} + 23,5^\circ\text{ decl.}$ )  $46,5^\circ$  do zênite.

Desconsiderando, por enquanto, a variação da insolação solar devido à variação da distância da Terra ao Sol, isto é, considerando a energia do Sol no Zênite ( $E_z$ ) constante, temos:

$$\frac{I_V}{I_I} = \frac{\frac{E_z}{A_V}}{\frac{E_z}{A_I}} = \frac{\text{sen } \theta_V}{\text{sen } \theta_I} = \frac{0,986}{0,688} = 1,43$$

Isto é, a insolação em Campinas é 43% maior no verão do que no inverno.

Em comparação, o efeito da variação da distância entre a Terra e o Sol pode ser calculado levando em conta que a energia do Sol por unidade de área que alcança a Terra é dada por:

$$E_z = \frac{E_{\text{sol}}}{4 \pi D^2}$$

Onde D é a distância da Terra ao Sol no momento.

A variação da insolação solar devido à variação de 3% da distância Terra-Sol entre o afélio e o periélio é:

$$\frac{I_{\text{afélio}}}{I_{\text{periélio}}} = 0,97^2 = 0,94,$$

Isto é, em janeiro (periélio), a insolação solar é 6% maior do que em junho (afélio). Este pequeno efeito é contrabalançado pela maior concentração de terra no hemisfério norte.

Embora a atmosfera seja muito transparente à radiação solar incidente, somente em torno de 25% penetra diretamente na superfície da Terra sem nenhuma interferência da atmosfera, constituindo a insolação direta. O restante é ou refletido de volta para o espaço ou absorvido ou espalhado em volta até atingir a superfície da Terra ou retornar ao espaço (Fig. 4.10).

O que determina se a radiação será absorvida, espalhada ou refletida de volta? Isto depende em grande parte do comprimento de onda da energia que está sendo transportada, assim como do tamanho e natureza do material que intervém. Ver apêndice relativo à Radiação.



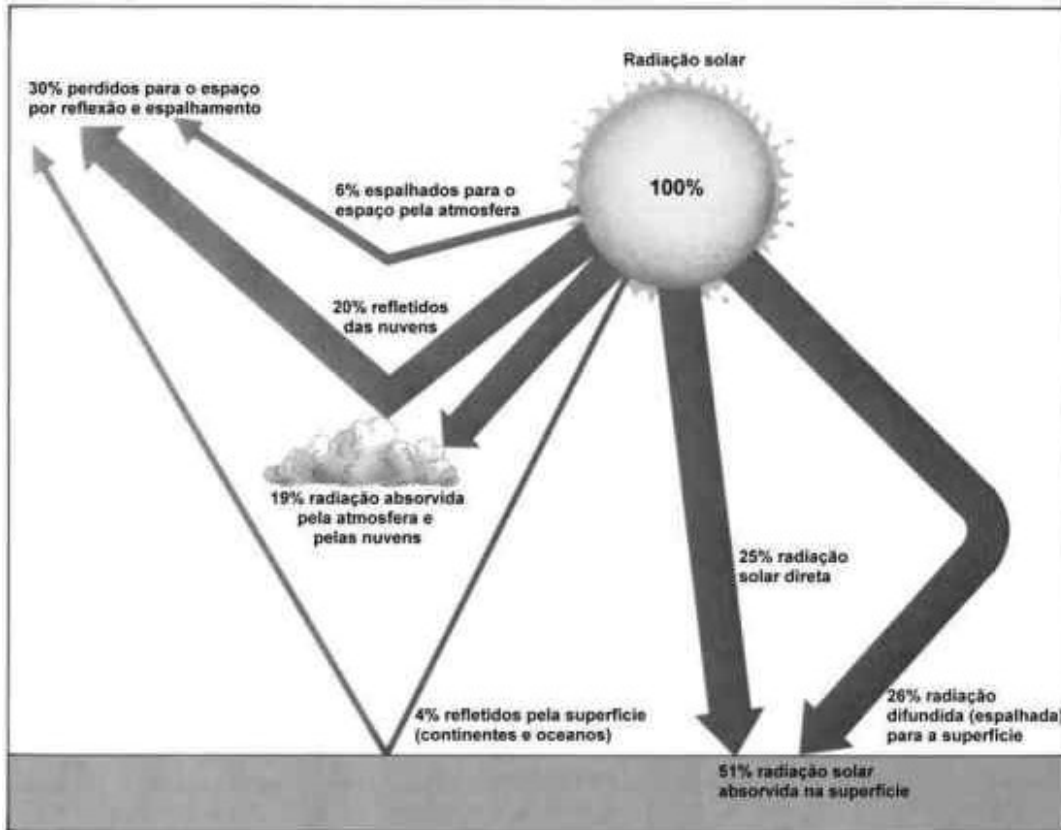


Fig. 4.10 - Distribuição percentual da radiação solar incidente.

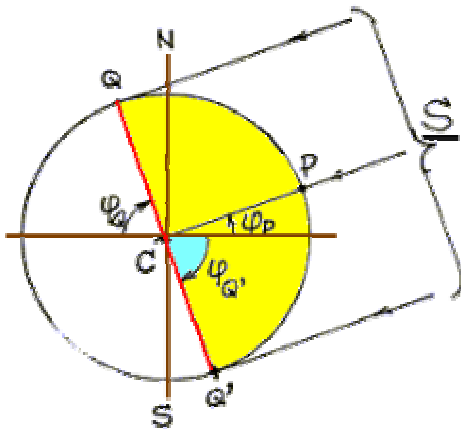


Figura 4.11- Considerar pontos P, Q e Q' na superfície do globo terrestre.

A declinação do Sol é  $\delta$ , considerada constante durante um dia solar = 24 h.

Em P o Sol culmina no Zênite (meio-dia em P).

No mesmo instante o Sol está no horizonte tanto em Q como em Q'.

Na sucessão das horas, o lugar geométrico de P, de Q e o de Q', são respectivamente: zona inter-tropical, polar ártico e polar antártico.

- Ponto P:  $\varphi_P = \delta$ , logo  $\varphi_P$  pertence ao intervalo  $-\varepsilon \text{ --- } +\varepsilon$ . Logo P está na zona Tórrida, entre os trópicos de Capricórnio ( $\varphi_\pi = -\varepsilon$ ) e de Câncer ( $\varphi_p = +\varepsilon$ ).
- Ponto Q:  $\varphi_Q = (90 - \delta)$ , com  $\delta$  no intervalo  $0 \text{ --- } +\varepsilon$ .  $\varphi_Q$  pertence ao intervalo  $(90^\circ - \varepsilon \text{ --- } 90^\circ)$ . Q está na calota polar ártica, entre a circunferência polar ártica ( $\varphi_Q = 90^\circ - \varepsilon$ ) e o pólo Norte ( $\varphi_Q = 90^\circ$ ).
- Ponto Q': Analogamente, com  $\varphi_{Q'} = -\varepsilon_{Q'}$ , calota polar antártica, entre  $\varphi_{Q'} = -90^\circ$  (pólo Sul) e  $-(90^\circ - \varepsilon)$ , circunferência polar antártica.

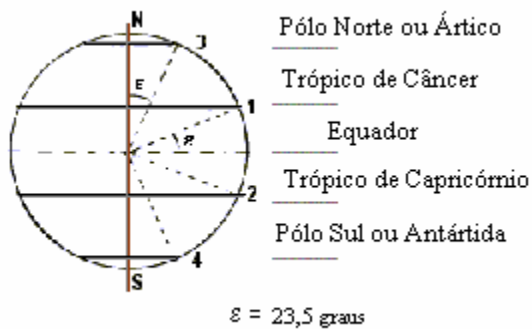


Figura 4.12 - Paralelos notáveis da Terra. Em cada latitude, a distribuição da radiação solar pela superfície da Terra depende da declinação do Sol. Destacam-se na Terra quatro paralelos notáveis.  
 (1) Trópico de Câncer  $\varphi = \varepsilon \text{ N}$   
 (2) Trópico de Capricórnio  $\varphi = \varepsilon \text{ S}$   
 (3) Círculo polar ártico  $\varphi = (90^\circ - \varepsilon) \text{ N}$   
 (4) Círculo polar antártico  $\varphi = (90^\circ - \varepsilon) \text{ S}$

Entre os trópicos fica as Zonas Tórridas, em cujos pontos o Sol pode culminar no Zênite. Nas calotas polares o Sol pode incidir rasante.

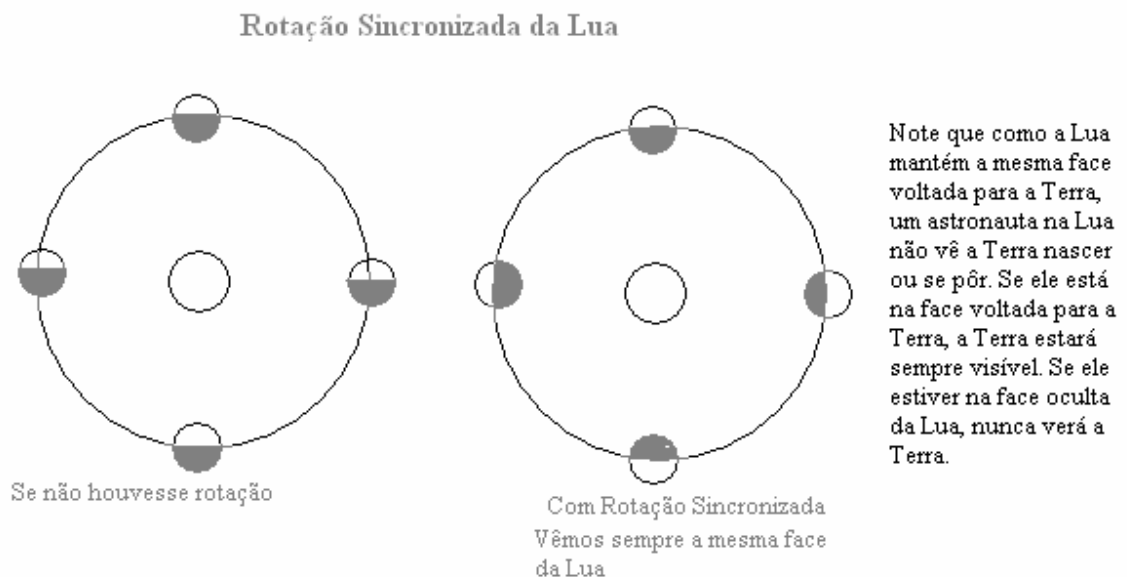
Na Terra, a região entre latitudes  $-23,5^\circ$  e  $+23,5^\circ$  é chamada de região tropical. Nesta região, o Sol passa pelo zênite pelo menos uma vez por ano. Fora desta região o Sol não passa pelo zênite. A linha de latitudes  $66,5^\circ$  é chamada de Círculo Polar, norte ou sul. Acima desta linha, o Sol está sempre acima do horizonte no verão e sempre abaixo do horizonte no inverno.

### 4.3 – Lua: Fases e eclipses

A Lua tem três movimentos principais: rotação em torno de seu próprio eixo, revolução em torno da Terra e translação em torno do Sol junto com a Terra.

À medida que a Lua orbita em torno da Terra, completando seu ciclo de fases, ela *mantém sempre a mesma face voltada para a Terra*. Isso indica que o seu período de translação é igual ao período de rotação em torno de seu próprio eixo. Portanto, a Lua tem rotação sincronizada com a translação. Ver figura 4.13 abaixo.

Fig. 4.13



A órbita da Lua em torno da Terra está inclinada 5° em relação à órbita da Terra em torno do Sol.

Devido à rotação sincronizada da Lua, a face da Lua que não podemos ver chama-se *face oculta*, que só pode ser fotografada pelos astronautas em órbita da Lua.

### Fases da Lua

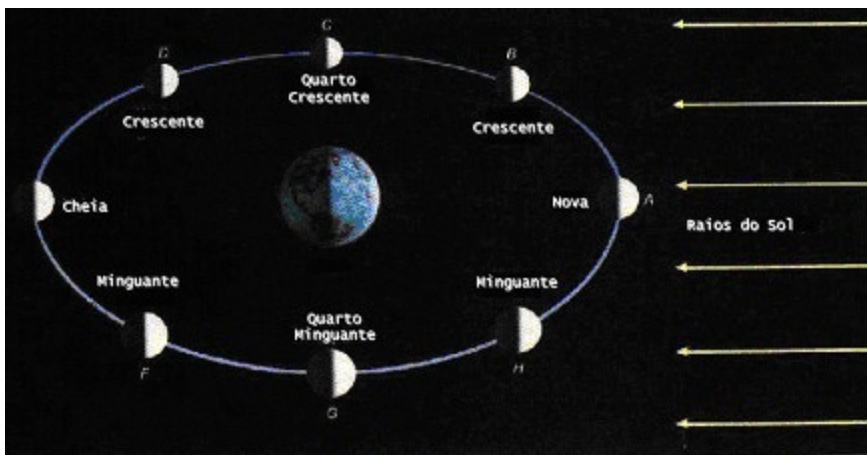


Fig. 4.14 – Fases da Lua.

À medida que a Lua viaja ao redor da Terra ao longo do mês, ela passa por um ciclo de fases, durante o qual sua forma parece variar gradualmente. Esse fenômeno é bem compreendido desde a Antiguidade. Acredita-se que o grego Anaxágoras ( $\pm$  430 a.C.), já conhecia sua causa, e Aristóteles (384 - 322 a.C.) registrou a explicação correta do fenômeno: as fases da Lua resultam do fato de que ela não é um corpo luminoso, e sim um corpo *iluminado* pela luz do Sol. A face iluminada da Lua é aquela que está voltada para o Sol.

A *fase da lua* representa o quanto dessa face iluminada está voltada também para a Terra.

Fig. 4.15 a– Esquema - Fases da Lua



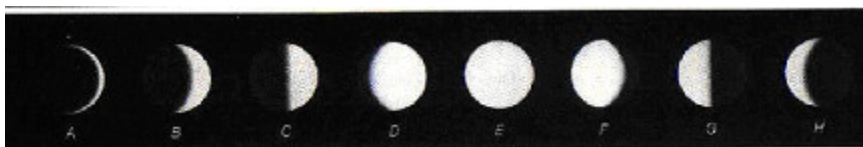


Fig. 4.15b  
Aparência da  
Lua em cada  
fase no  
hemisfério  
norte.

As quatro fases principais do ciclo são:

#### **Lua Nova:**

- A face iluminada não pode ser vista da Terra.
- A Lua está na mesma direção do Sol, e, portanto está no céu durante o dia.
- A Lua nasce  $\approx 6h$  e se põe  $\approx 18h$ .

#### **Lua Quarto-Crescente:**

- Metade do disco iluminado pode ser visto da Terra. Vista do hemisfério sul da Terra, a forma da Lua lembra a letra C (vista do hemisfério norte lembra a letra D).
- Lua e Sol, vistos da Terra, estão separados de  $90^\circ$ .
- A Lua está à leste do Sol, que, portanto ilumina seu lado oeste.
- a Lua nasce  $\approx$ meio-dia e se põe  $\approx$ meia-noite

#### **Lua Cheia**

- Toda a face iluminada da Lua está voltada para a Terra. A Lua está no céu durante toda a noite, com a forma de um disco.
- Lua e Sol, vistos da Terra, estão em direções opostas, separados de  $180^\circ$ , ou 12h.
- a Lua nasce  $\approx 18h$  e se põe  $\approx 6h$  do dia seguinte.
- Note que A órbita da Terra em torno do Sol, e a órbita da Lua em torno da Terra, não estão no mesmo plano, ou não poderíamos ver a Lua Cheia, uma vez que a Terra encobriria toda a iluminação da Lua e, portanto nada seria visível.

#### **Lua Quarto-Minguante**

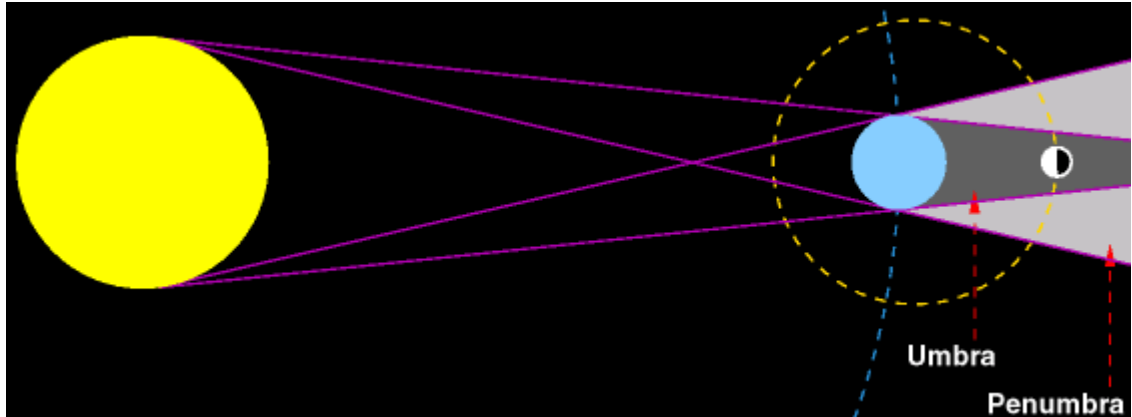
- Metade do disco iluminado pode ser visto da Terra, como em Quarto-Crescente. Vista do hemisfério sul da Terra, a forma da Lua lembra a letra D (vista do hemisfério norte lembra a letra C).
- A Lua está a oeste do Sol, que ilumina seu lado leste.
- a Lua nasce  $\approx$ meia-noite e se põe  $\approx$ meio-dia

O intervalo de tempo entre duas fases iguais consecutivas é de 29d 12h 44m 2.9s ( $\approx$  29,5 dias). Essa é a duração do **mês sinódico**, ou **lunação**, ou **período sinódico da Lua**.

## **Eclipses**

Um **eclipse** acontece sempre que um corpo entra na sombra de outro. Assim, quando a Lua entra na sombra da Terra, acontece um **eclipse lunar**. Quando a Terra é atingida pela sombra da Lua, acontece um **eclipse solar**.

Fig.4.16:  
Formação de  
sombra  
(umbra) e  
penumbra.



Quando um corpo extenso (não pontual) é iluminado por outro corpo extenso definem-se duas regiões de sombra:

- **umbra:** região da sombra que não recebe luz de nenhum ponto da fonte.
- **penumbra:** região da sombra que recebe luz de alguns pontos da fonte.

A órbita da Terra em torno do Sol, e a órbita da Lua em torno da Terra, não estão no mesmo plano, ou ocorreria um eclipse da Lua a cada Lua Cheia, e um eclipse do Sol a cada Lua Nova.

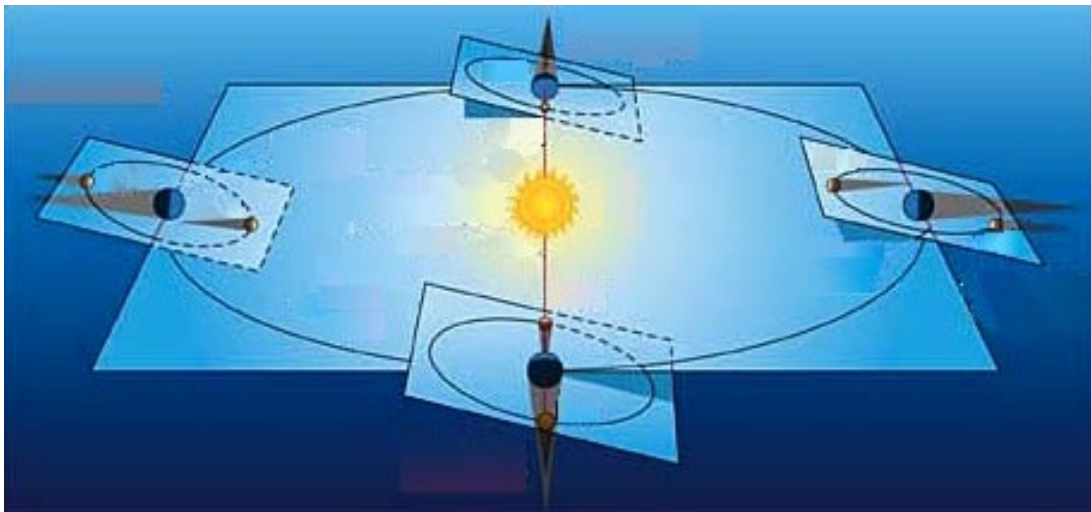


Fig. 4.17 - O plano da órbita da Lua está inclinado  $5,2^\circ$  em relação ao plano da órbita da Terra. Portanto só ocorrem eclipses quando a Lua está na fase de Lua Cheia ou Nova, e quando o Sol está sobre a **linha dos nodos**, que é a linha de intersecção do plano da órbita da Terra em torno do Sol com o plano da órbita da Lua em torno da Terra.

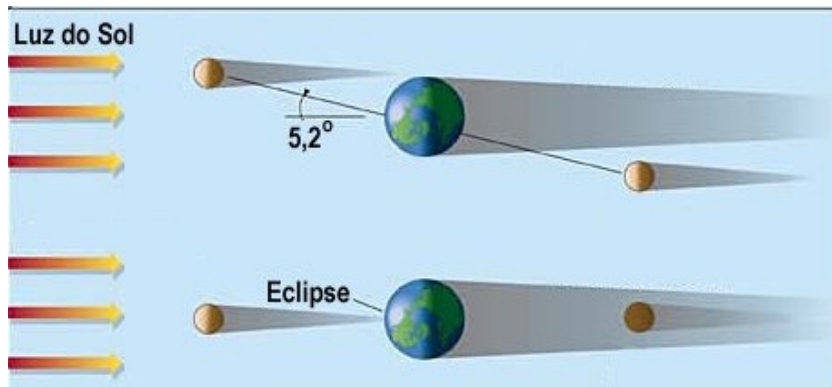


Fig. 4.18 – Os eclipses só ocorrem quando o plano orbital da Lua coincide com o terrestre, como é o caso do esquema inferior da figura acima. Já no superior, devido ao ângulo de inclinação do plano orbital lunar não ocorre eclipse.

Eclipses do Sol e da Lua são os eventos mais espetaculares do céu. Um eclipse solar ocorre quando a Lua está entre a Terra e o Sol. Se o disco inteiro do Sol está atrás da Lua, o eclipse é *total*. Caso contrário, é *parcial*. Se a Lua está próxima de seu apogeu (ponto mais distante da Terra), o diâmetro da Lua é menor que o do Sol, e ocorre um eclipse *anular*.



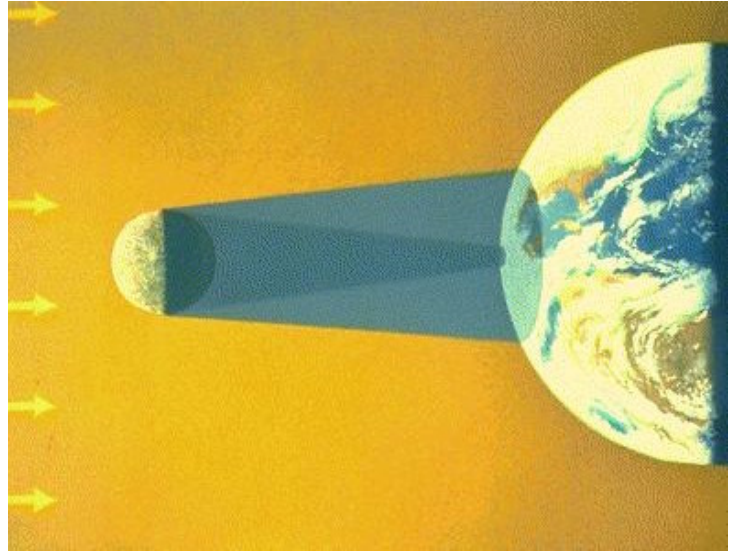
Fig. 4.19 – Eclipse solar anular.

Como a excentricidade da órbita da Terra em torno do Sol é de 0,0167, o diâmetro angular do Sol varia 1,67% em torno de sua média, de 31'59". A órbita da Lua em torno da Terra tem uma excentricidade de 0,05 e, portanto, seu diâmetro angular varia 5% em torno de sua média, de 31'5", chegando a 33'16", muito maior do que o diâmetro máximo do Sol.

Um eclipse total da Lua acontece quando a Lua fica inteiramente imersa na umbra da Terra; se somente parte dela passa pela umbra, e resto passa pela penumbra, o eclipse é parcial. Se a Lua passa somente na penumbra, o eclipse é penumbral. Um eclipse total é sempre acompanhado das fases penumbral e parcial. Um eclipse penumbral é difícil de ver diretamente com o olho, pois o brilho da Lua permanece quase igual.

Durante um eclipse solar, a umbra da Lua na Terra tem sempre menos que 270 km de largura. Como a sombra se move a pelo menos 34 km/min para Leste, devido à órbita da Lua em torno da Terra, o máximo de um eclipse dura no máximo 7 1/2 minutos. Portanto um eclipse solar total só é visível, se o clima permitir, em uma estreita faixa sobre a Terra, chamada de caminho do eclipse. Em uma região de aproximadamente 3000 km de cada lado do caminho do eclipse, ocorre um eclipse parcial.

Fig. 4.20 - Eclipse do Sol



Como o sistema Terra-Lua orbita o Sol, aproximadamente duas vezes por ano a linha dos nodos está alinhada com o Sol e a Terra. Estas são as temporadas dos eclipses, quando os eclipses podem ocorrer. Quando a Lua passar pelo nodo durante a temporada de eclipses, ocorre um eclipse. Como a órbita da Lua gradualmente gira sobre seu eixo (com um período de 18,6 anos de regressão dos nodos), as temporadas ocorrem a cada 173 dias, e não exatamente a cada meio ano. A distância angular da Lua do nodo precisa ser menor que  $4,6^\circ$  para um eclipse lunar total, e menor que  $10,3^\circ$  para um eclipse solar total, o que estende a temporada de eclipses para 31 a 38 dias, dependendo dos tamanhos aparentes e velocidades aparentes do Sol e do Lua, que variam porque as órbitas da Terra e da Lua são elípticas, de modo que pelo menos um eclipse ocorre a cada 173 dias.

Entre dois e sete eclipses ocorrem anualmente. Usualmente eclipses ocorrem em conjuntos de 1 a 3, separados por 173 dias  $[(1 \text{ ano} - 20 \text{ dias})/2]$ . Em um conjunto, ou só ocorre um eclipse solar, ou uma sucessão de eclipse solar, lunar e solar novamente. Em um ano, 2 ou 3 destes conjuntos ocorrem.

Em 2004 os eclipses são:

- 19 de abril de 2004 - eclipse solar parcial - (não visível no Brasil)
- 04 de maio de 2004 - eclipse lunar total - visível do Brasil ao nascer da Lua
- 28 de outubro de 2004 - eclipse lunar total - visível do Brasil
- 14 de outubro de 2004 - eclipse solar parcial - (não visível no Brasil).

## ***Capítulo 5 – Aplicação em sala de aula: Resultados.***

### **5.1 – Metodologia**

Atuei como estagiária durante os meses de abril e maio deste semestre em duas turmas da terceira série do Ensino Médio – uma das turmas é supletivo, com uma carga horária correspondente a duas horas semanais, sendo que desenvolvi esta atividade em duas horas para cada turma e, na semana seguinte, pedi que respondessem o questionário em anexo durante a aula na turma do supletivo e em casa para a outra turma. Essas turmas pertencem à Escola Estadual Doutor Tomáz Alves, no turno da noite.

O questionário contém questões referentes ao tipo de atividade e aos conceitos abordados na mesma. No estágio efetuei uma outra atividade relacionada à existência ou não de vida fora da Terra da qual não farei menção aqui, entretanto adicionarei algumas conclusões tiradas a partir das respostas emitidas no questionário referentes a esta atividade.

A escola fica localizada à rua Conselheiro Antônio Prado, 160, no distrito de Sousas – Campinas – SP.

#### **Problemas...**

Os experimentos eram aplicados em sala de aula, em cima de uma carteira, com a turma disposta em círculo. A predisposição dos alunos em aprender foi bastante desanimadora, e, acabei tendo que fazer a demonstração pelo menos três vezes em cada turma para que um maior número de alunos pudesse participar, pois a desordem era grande. Com isso a atividade da Lua não pôde se realizar e, além disso, a iluminação das salas de aula não são independentes o que não possibilitou a realização da atividade. A atividade das estações do ano não ficou muito prejudicada com este fator pela distância entre a lâmpada e a bola e por eu ter efetuado a demonstração em pequenos grupos.

#### **A aula...**

Perguntei aos alunos como eles me explicariam o funcionamento das estações do ano e obtive como resposta um comportamento de desprezo e indiferença pelo tema. Um dos alunos exclamou – Isso aí eu aprendi na terceira série!

Então, eu pedi que me explicasse e ele simplesmente me disse que quando o sol estava mais perto da Terra era verão e quando longe era inverno. Pedi que desenhasse e ele desenhou uma órbita elíptica, com o sol no centro e sem notar que algo estava estranho. Neste momento, usando o dispositivo Sol + Terra da atividade proposta, fiz com que a bola de isopor fizesse uma translação numa órbita bastante excêntrica e com o eixo de rotação perpendicular à mesma para que notassem que a iluminação nos dois hemisférios seria a mesma e, portanto não haveria estações do ano. Um outro aluno falou que deveríamos inclinar o eixo e eu pedi que ele demonstrasse. Num movimento completamente caótico ele rotacionou e transladou a Terra, eu então comentei, que ali não havia uma ordem onde teríamos quatro estações bem definidas, etc.



Um outro aluno levantou e mexeu na bola até notar uma posição do eixo em que a iluminação do hemisfério sul – Verão – era mais intensa que a do Norte – inverno. Pedi que me mostrasse como estaria o eixo nas demais estações, e mostrou, sem explicação, que deveria ser como um movimento de precessão em torno do sol, novamente, pedi que com calma parasse em quatro pontos bem definidos mostrando as estações para o hemisfério sul, foi então que ele notou que o eixo deveria estar na mesma direção tanto no verão quanto no inverno. Para observar a Primavera e o Outono pedi que notassem que se o eixo permanecesse ainda na mesma direção ambos os hemisférios teriam igual iluminação e disse em seguida, que a diferença entre Primavera e Outono era que a primeira anunciava o verão e representava um aumento na iluminação desde o inverno até o verão e que o Outono representava uma diminuição da iluminação, desde o verão até o inverno.

Questionei-os sobre a iluminação dos pólos e que lá durante seis meses havia luz e outros seis escuridão. Um deles disse ter ouvido falar. Notei que os demais ficaram um pouco curiosos. Aí, novamente com bastante calma, rotacionei e transladei a bola de tal forma que esse fenômeno ficasse nítido, comentei com eles que eu havia visto num livro que as crianças que existiam próximas à região do Pólo ártico, diariamente permaneciam seminuas por algum tempo em volta de uma fonte de luz artificial para que recebessem uma dose de radiação, fonte de vitamina D. Neste momento muitos prestaram atenção. Comentei também que as maiores florestas, tal qual a Amazônica e a do Congo se encontravam próximas ao equador o que fazia com que recebessem luz e calor o ano inteiro.

Uma das alunas perguntou porque na Argentina nevava e no Brasil não, e então, eu disse a ela que o trópico de capricórnio passava sobre o sul do estado de São Paulo e que pelo fato de a maior iluminação ou taxa de radiação solar se encontrar entre os trópicos, apenas no sul do Brasil poderia eventualmente nevar acrescido de outras características climáticas, como altitude, por exemplo, e que a Argentina estava localizada abaixo deste trópico e que por isso (e não só isso) lá nevava, comentei que acima do trópico de câncer o mesmo efeito ocorria.

Assim, somente a atividade das estações do ano foi desenvolvida nesta aula, foi interessante notar que os assuntos ou conceitos correlacionados a tal fenômeno foram suscitados com a atividade, e, percebi que quanto mais relação se fazia, mais questionamentos e raciocínios alguns deles faziam. Um dos alunos questionou sobre os outros planetas, e, quando eu lhe disse que Júpiter era um planeta gasoso ele ficou intrigado, pensou um pouco e perguntou. – Mas então ele é mais leve, por que então ele está mais longe do Sol do que a Terra. A força gravitacional não o puxaria pra mais perto?

Na aula seguinte pedi aos alunos que respondessem o questionário. No supletivo 18 alunos o responderam em sala, já a turma do terceiro colegial normal que levou para responder em casa, apenas cinco o fizeram. Dando um total de 23 questionários respondidos.

## 5.2 - Análise dos resultados

Fig. 5.1 – Tabela com os dados obtidos pelo questionário.

Questões	Respostas corretas	%		Observações
3	16	69,6	23	Variações entre via-láctea e via-láctica. Houve “cola” nesta questão. 5 alunos responderam Planeta Terra ou Terra.
5	11	47,8	23	10 alunos responderam inverno.
6	21	91,3	23	Houve variações entre pólo Norte e Sul e Antártida. Houve 1 resposta antártica e 1 antárctida.
7	16	69,6	23	2 alunos indicaram a figura 4 e outros dois a figura 1.
8	3	13	23	Dos três alunos que acertaram esta questão. Um deles copiou de um livro. Nesta questão houve uma falha ao não indicar o sentido do movimento de translação
12	3	13	23	Dois dos alunos são os mesmos que acertaram a questão 8
13	15	65,2	23	Três alunos inverteram os movimentos Houve 1 abstinência

A questão 7 nos mostra que para 70% dos alunos ficou claro que o eixo tem direção fixa.

A questão 8 era dependente da questão 7, e apenas 3 alunos dentre o 16 que acertaram a questão anterior responderam corretamente esta questão. Fica claro aqui, que os alunos não conseguem interpretar este tipo de desenho, pois na demonstração em aula relacionavam corretamente as estações à intensidade luminosa nos hemisférios e no questionário apenas 2 alunos fizeram raciocínios corretos e um outro copiou do livro. Assim, figuras bidimensionais ilustrativas nos livros não são eficazes.

Na questão 5, pode-se notar que cerca de 50% dos alunos estavam atentos tanto ao enunciado quanto à aula, enquanto que os demais não estavam atentos a pelo menos um destes

fatores. Pude perceber que dentre estes últimos, a maioria nem sequer notou a diferença que faria no enunciado a ausência do trecho “se não houvesse a inclinação do eixo”.

Já a questão 6 se refere a um aspecto curioso tratado na apresentação -a questão da iluminação nos pólos. Dentre os 23 alunos que responderam o questionário, 1 não respondeu a questão e outro fez uma cópia sem significado de um livro, depreende-se desta questão que uma informação nova e surpreendente desperta a atenção dos alunos. O que facilita a assimilação da informação. Em contrapartida, na questão 13, que se refere a um conceito bastante estudado no decorrer dos anos escolares, cerca de 35% dos alunos ainda não assimilaram estes conceitos e, o que é pior, dentre os 65% que responderam corretamente, muitos apresentaram rasuras e setas indicando o contrário, mostrando que não estavam certos da resposta, ou ainda que trocaram informações com os colegas. Neste item houve também respostas como a transcrita abaixo.

Resposta

365 dias Acho que é rotativo

12 horas

Resposta esperada:

24 horas Mov. de Rotação

365 dias Mov. de Translação

Isto indica uma memorização de dados sem significado algum para o aprendiz.

Com relação à questão 12, apenas 3 alunos responderam corretamente, entretanto dois deles me pediram para explicar o enunciado, dizendo que não compreendiam-no. Todos os demais responderam verão e inverno.

A questão 2 pode ser analisada pelo histograma abaixo.

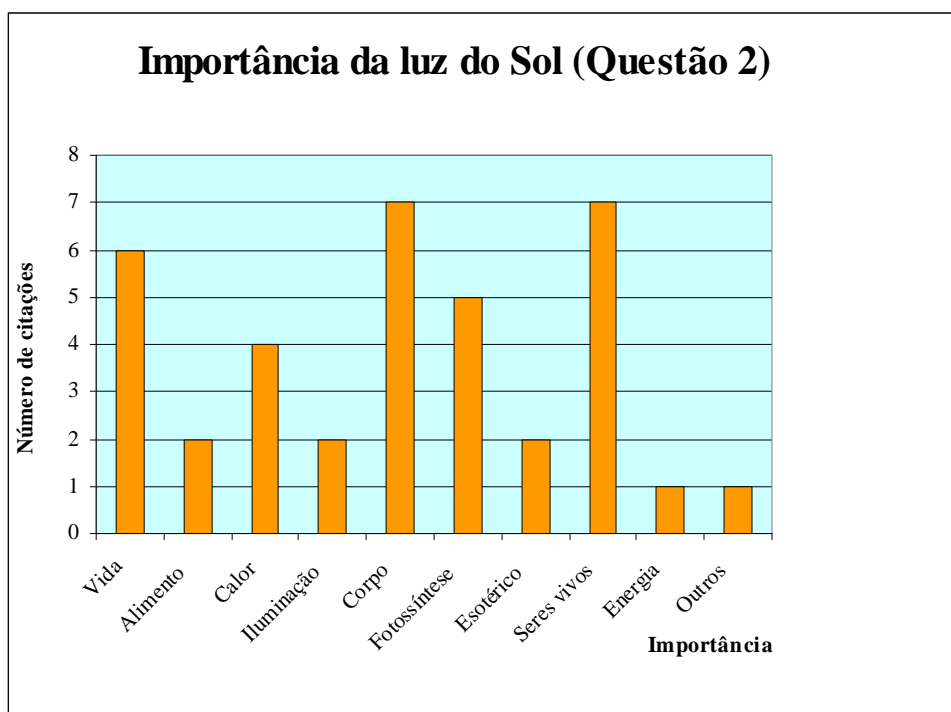


Fig.5.2 - Gráfico relativo à questão 2. No que a luz do sol é importante para a sua vida?

Desta questão, pode-se notar que os alunos reconhecem a importância do sol para os seres vivos, o que pode ser observado pelas referências a: vida, alimento, corpo, fotossíntese e seres vivos.

No gráfico, o item vida, faz relação à existência da vida em função do Sol, como a resposta transcrita abaixo:

“Sem a luz solar não existe vida alguma na Terra”.

Entretanto, houve respostas como as abaixo:

“Brilhar nossos caminhos e alegrar o nosso mundo”.

“A luz do sol é essencial para a vida dos seres humanos e de todo o universo” (mantido o erro de ortografia original)

(Seria o universo dependente do sol?!!!)

É uma um tanto curiosa, que parece fazer relação com o fato de eu ter comentado sobre as crianças de regiões próximas do pólo Norte receberem radiação artificial pela falta de luz solar:

“Os raios solares são importante p/ o organismo e a vida. E seu calor que faz as flores desabrocharem, e as frutas amadurecem. E o raios são inportante também p/ desenvolvimento e a saúde da crianças”.(mantidos os erros de ortografia)

Na questão 11 todos disseram que a participação dos alunos é importante, como pode ser visto pelos comentários a seguir:

“É indispensável a participação dos alunos, para poder haver um debate, assim as idéias podem ser expostas e deixa a aula mais interessante”.

“Sem a participação dos alunos não há aula”.

Na questão 9 houve o seguinte comentário:

“Jamais algum professor aprofundou sobre as estações do ano. Eu jamais saberia explicar como se formavam as estações. É um assunto simples, mas ninguém sabe explicar muito bem”.

### 5.3 – Conclusões

Da análise destes dados e da observação em sala de aula, podemos concluir que nem sempre figuras ilustrativas são um bom recurso visual para a racionalização, e, que ao contrário, a demonstração tridimensional pode facilitá-la.

A formação de conceitos, através da ruptura com os conceitos prévios, respeitando as idéias dos alunos corresponde a um aprendizado mais significativo para os alunos.

Comentários relacionados ao assunto, de maneira interdisciplinar ajudam na absorção dos conceitos, contextualiza-o, e o aluno consegue enxergar significado, pois as coisas não são isoladas, nem tão pouco a natureza o é, e, relacionando a física com a geografia, com a química ou a biologia, o aluno entende que tudo está interligado e que a física não é mera matemática aplicada, sem desmerecer a matemática que é de extrema importância, mas os alunos já têm aulas de matemática e já têm pré-conceitos quanto a ela, e quando vamos estudar física, esses pré-conceitos são automaticamente acionados, de forma que o aluno tal qual na aula de matemática, “jogue” os valores dados nos problemas, ou melhor, exercícios de fixação, em alguma equação sem saber o que está calculando e, se isso já é um problema para o ensino de matemática, para a física é um desastre, pois a física sendo o estudo de fenômenos físicos é confundida com a linguagem que utiliza.

Ao mesmo tempo o professor terá que saber lidar com essas situações, pois quando tenta fazer algo diferente, os alunos perguntam: Hoje nós não vamos ter aula de física?

Acham que aula de física é ficar resolvendo exercícios, se é que podemos falar em resolução. Isso eu notei quando fui fazer a atividade no estágio – os alunos não perceberam que estavam aprendendo, acharam que era uma brincadeira. Uma aluna até comentou comigo: “Bem que você podia vir mais vezes, assim, a gente não tem aula de física. Não tem que ficar fazendo contas”.

Pretendo no futuro elaborar atividades deste cunho sobre outras áreas da física, pois a educação básica está sedenta por aprendizagem significativa e, eu acredito, que este possa ser um meio de minimizar os problemas do ensino, especialmente do público, uma vez que os alunos de escolas particulares dispõem de outros recursos para a aprendizagem, tal qual cinema, teatro, Internet, sendo que os de escola pública são excluídos de todas as formas e a mais cruel delas é a educação, pois é o único meio não milagroso de mudança estamental.

## Referências

- Sites:

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

<http://www.cdcc.sc.usp.br/cda/aprendendo-basico/estacoes-do-ano/estacoes-do-ano.htm>

[http://www3.cptec.inpe.br/~ensinop/radia\\_solar.htm](http://www3.cptec.inpe.br/~ensinop/radia_solar.htm)

<http://geocities.yahoo.com.br/saladefisica3/laboratorio.htm>

<http://www2.uol.com.br/cienciahoje/che/orbita2.htm>

<http://www.cresesb.cepel.br/tutorial/solar/apstenergiasolar.htm>

<http://www.feiradeciencias.com.br/sala19/texto42.asp>

<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap2/cap2-1.html>

<http://www.las.inpe.br/~cesar/miudos/ciencia/dimensuniverso.htm>

<http://astro.if.ufrgs.br/tempo/mas.htm>

- Textos:

LOPES, A.R.C.. Contribuições de Gaston Bachelard ao ensino de Ciências. História y Epistemologia de lãs Ciências, 1993.

POZO, J.I. e GOMEZ CRESPO(1998). A Solução de problemas nas ciências da natureza, in POZO, L. (1998). A solução de problemas. Porto Alegre: Artes Médicas. Cap. 3. Pp. 67-102.

LITWIN, E. –“Tecnologia educacional: Política, histórias e propostas -Artmed

HÉRNÁNDEZ – Revista Pedagógica "Pátio" ano VI num 22 Julho/agosto 2002. Professor da Universidade de Barcelona.

MACEDO, L. - "Reflexões sobre o cotidiano na sala de aula". Revista Pedagógica "Pátio" ano VI num 22 Julho/agosto 2002. Professor titular de desenvolvimento do Instituto de psicanálise da USP

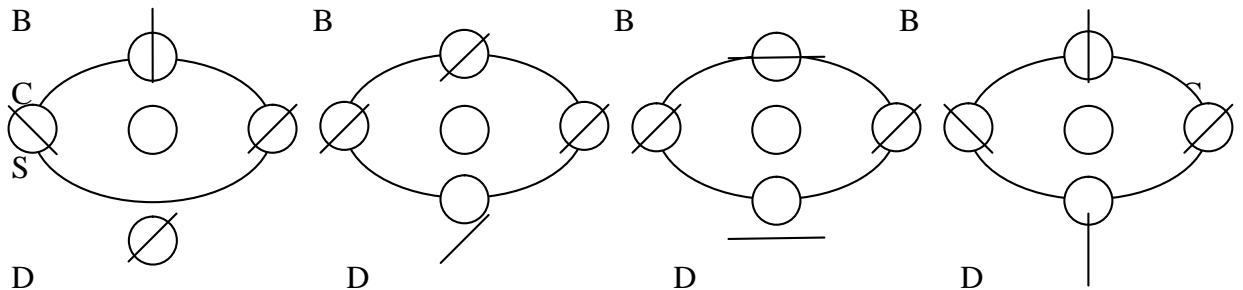
UNESCO –“Olhar de Professor”- Revista do Departamento de Métodos e técnicas de Ensino – Universidade Estadual de Ponta Grossa.

BRITO, M. R. F. (2002). A Psicologia Educacional e a formação do professor-pesquisador: Criando situações desafiadoras para a aprendizagem e o ensino de Matemática. Educação Matemática em revista. Revista da SBEM-Edição especial. Ano 9. Nº. 11 Pp. 57-68.

**Anexo: Questionário**

Questões ..... Idade:.....3.ºcol.....

- 01 O que achou da atividade “Será que estamos sozinhos neste universo?”
- 02 No que a luz do sol é importante para a sua vida? Dê exemplos:
- 03 Qual o nome da nossa Galáxia? \_\_\_\_\_
- 04 Você acredita em vida fora da Terra? Sim  Não
- 05 Na explicação sobre as estações do ano, se não houvesse a inclinação do eixo, que estação seria no hemisfério sul quando no hemisfério norte fosse verão?
- 06 No nosso planeta existe algum lugar em que o sol não aparece diariamente? Qual?/Quais?
- 07 Das figuras abaixo, qual descreve melhor o fenômeno das estações do ano?



- 08 Na figura que você escolheu no item anterior, considere apenas o hemisfério sul para responder a seguinte questão: Quais seriam as estações do ano nos pontos A, B, C e D. Ligue:

D	Primavera
B	Verão
A	Outono
C	Inverno

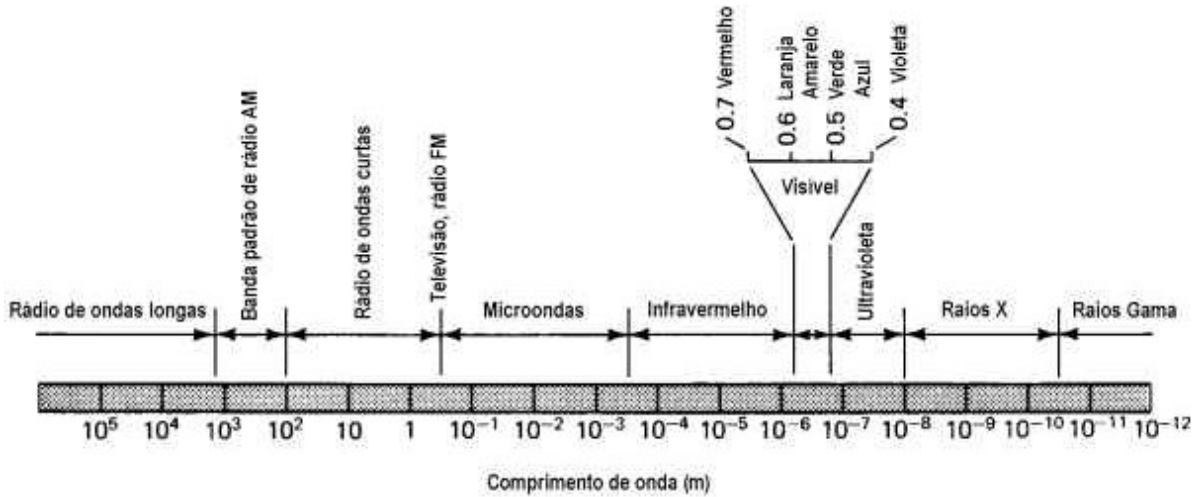
- 09 O que achou das atividades. Aprendeu algo. Tem alguma coisa a respeito deste assunto que gostaria de perguntar, algo que não ficou muito claro. Faça um breve comentário. Dê sugestões e/ou críticas:
- 10 O que foi pior nestas atividades. Este tipo de atividade deveria ocorrer com mais frequência. Por quê?
- 11 A participação dos alunos na atividade é importante? Você acha que é possível aprender física desta forma?
- 12 Quando a iluminação de um hemisfério começa a diminuir ele passa por uma estação de transição chamada: ..... Quando a iluminação começa a aumentar, o hemisfério passa por outra estação de transição denominada:
- 13 A Terra dá uma volta completa em torno de si em quanto tempo? Como é chamado este movimento?  
A Terra dá uma volta completa em torno do Sol em quanto tempo? Como é chamado este movimento?

## Apêndice

### Radiação Eletromagnética

Praticamente toda a troca de energia entre a Terra e o resto do Universo ocorre por radiação, que é a única que pode atravessar o relativo vazio do espaço. O sistema Terra-atmosfera está constantemente absorvendo radiação solar e emitindo sua própria radiação para o espaço. Numa média de longo prazo, as taxas de absorção e emissão são aproximadamente iguais, de modo que o sistema está muito próximo ao equilíbrio radiativo. A radiação também tem papel importante na transferência de calor entre a superfície da Terra e a atmosfera e entre diferentes camadas da atmosfera.

A radiação eletromagnética pode ser considerada como um conjunto de ondas (elétricas e magnéticas) cuja velocidade no vácuo é ( $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ). As várias formas de radiação, caracterizadas pelo seu comprimento de onda, compõem o espectro eletromagnético (Fig. 1).



**Fig. 1 - Espectro eletromagnético**

O comprimento de onda ( $\lambda$ ) é a distância entre cristas (ou cavados) sucessivos (Fig. 2); a frequência de onda ( $\nu$ ) é o número de ondas completas (1 ciclo) que passa por um dado ponto por unidade de tempo (s). A relação entre  $\lambda$ ,  $\nu$  e a velocidade  $c$  é

$$c = \lambda \nu \quad (1)$$





**Fig. 2 - Característica de uma onda**

Embora o espectro eletromagnético seja contínuo, nomes diferentes são atribuídos a diferentes intervalos porque seus efeitos, geração, medida e uso são diferentes. Por exemplo, as células da retina do olho humano são sensíveis a uma radiação num estreito intervalo chamado luz visível, com  $\lambda$  entre  $0,7 \times 10^{-6} \text{ m}$  e  $0,4 \times 10^{-6} \text{ m}$ .

A maior parte da energia radiante do sol está concentrada nas partes visíveis e próximas do visível do espectro. A luz visível corresponde a ~43% do total emitido, 49% estão no infravermelho próximo e 7% no ultravioleta. Menos de 1% da radiação solar é emitida como raios X, raios gama e ondas de rádio.

Apesar da divisão do espectro em intervalos, todas as formas de radiação são basicamente iguais. Quando qualquer forma de energia radiante é absorvida por um objeto, o resultado é um crescimento do movimento molecular e um correspondente crescimento da temperatura.

## **Radiação Solar incidente**

### **a) Espalhamento**

Embora a radiação solar incida em linha reta, os gases e aerossóis podem causar seu espalhamento, dispersando-a em todas as direções - para cima, para baixo e para os lados. A reflexão é um caso particular de espalhamento. A insolação difusa é constituída de radiação solar que é espalhada ou refletida de volta para a Terra. Esta insolação difusa é responsável pela claridade do céu durante o dia e pela iluminação de áreas que não recebem iluminação direta do sol.

As características do espalhamento dependem, em grande parte, do tamanho das moléculas de gás ou aerossóis. O espalhamento por partículas cujo raio é bem menor que o comprimento de onda da radiação espalhada, como o caso do espalhamento da luz visível por moléculas de gás da atmosfera, é dependente do comprimento de onda (espalhamento Rayleigh), de forma que a irradiância monocromática espalhada é inversamente proporcional à 4ª potência

do comprimento de onda ( $E_{\lambda_s} \sim \frac{1}{\lambda^4}$ ). Esta dependência é a base para explicar o azul do céu.

Grande parte da energia da radiação solar está contida no intervalo visível, entre o vermelho e o violeta. A luz azul ( $\lambda \cong 0,425\mu$ ) tem comprimento de onda menor que a luz vermelha ( $\lambda \cong 0,625\mu$ ). Conseqüentemente, a luz azul é aproximadamente 5,5 vezes mais espalhada que a luz vermelha. Além disso, ela é mais espalhada que o verde, amarelo e laranja. Assim, o céu, longe do disco do sol, parece azul. Como a luz violeta ( $\lambda \cong 0,405\mu$ ) tem um comprimento de onda menor que a azul, por que o céu não parece violeta? Porque a energia da radiação solar contida no violeta é muito menor que a contida no azul e porque o olho humano é mais sensível à luz azul que à luz violeta. Como a densidade molecular decresce drasticamente com a altura, o céu, visto de alturas cada vez maiores, iria gradualmente escurecer até tornar-se totalmente escuro, longe do disco solar. Por outro lado, o Sol apareceria cada vez mais branco e brilhante. Quando o Sol se aproxima do horizonte (no nascer e por do Sol) a radiação solar percorre um caminho mais longo através das moléculas de ar, e, portanto mais e mais luz azul e com menor comprimento de onda é espalhada para fora do feixe de luz e, portanto, a radiação solar contém mais luz do extremo vermelho do espectro visível. Isto explica a coloração avermelhada do céu ao nascer e por do Sol. Este fenômeno é especialmente visível em dias nos quais pequenas partículas de poeira ou fumaça estiverem presentes.

Quando a radiação é espalhada por partículas cujos raios se aproximam ou excedem em aproximadamente até 8 vezes o comprimento de onda da radiação, o espalhamento não depende do comprimento de onda (espalhamento Mie). A radiação é espalhada igualmente em todos os comprimentos de onda. Partículas que compõem as nuvens (pequenos cristais de gelo ou gotículas de água) e a maior parte dos aerossóis atmosféricos espalham a luz do Sol desta maneira. Por isso, as nuvens parecem brancas e quando a atmosfera contém grande concentração de aerossóis o céu inteiro aparece esbranquiçado.

Quando o raio das partículas é maior que aproximadamente 8 vezes o comprimento de onda da radiação, a distribuição angular da radiação espalhada pode ser descrita pelos princípios da ótica geométrica. O espalhamento de luz visível por gotas de nuvens, gotas de chuva e partículas de gelo pertence a este regime e produz uma variedade de fenômenos óticos como arco íris, auréolas, etc...

#### b) Reflexão

Aproximadamente 30% da energia solar é refletida de volta para o espaço (Fig. 4.10). Neste número está incluída a quantidade que é retroespalhada. A reflexão ocorre na interface entre dois meios diferentes, quando parte da radiação que atinge esta interface é enviada de volta. Nesta interface o ângulo de incidência é igual ao ângulo de reflexão (lei da reflexão). Conforme já mencionamos, a fração da radiação incidente que é refletida por uma superfície é o seu albedo. Portanto, o albedo da Terra como um todo (albedo planetário) é 30%. O albedo varia no espaço e no tempo, dependendo da natureza da superfície e da altura do Sol. Dentro da atmosfera, os topos das nuvens são os mais importantes refletores. O albedo dos topos de nuvens depende de sua espessura, variando de menos de 40% para nuvens finas (menos de 50m) a 80% para nuvens espessas (mais de 5000m).

### c) Absorção na atmosfera

O espalhamento e a reflexão simplesmente mudam a direção da radiação. Contudo, através da absorção, a radiação é convertida em calor. Quando uma molécula de gás absorve radiação esta energia é transformada em movimento molecular interno, detectável como aumento de temperatura. Portanto, são os gases que são bons absorvedores da radiação disponível que tem papel preponderante no aquecimento da atmosfera.

O Nitrogênio, o mais abundante constituinte da atmosfera é um fraco absorvedor da radiação solar incidente, que se concentra principalmente nos comprimentos de onda entre  $0,2\mu$  e  $2\mu$ .

A fotodissociação do oxigênio (entre 50 a 110 km de altitude)



absorve virtualmente toda radiação solar ultravioleta para  $0,1\mu < \lambda < 0,2\mu$ . O oxigênio atômico assim obtido é altamente reativo, sendo de particular importância a reação .



que é o mecanismo dominante para a produção de ozônio na atmosfera (M é uma 3ª molécula necessária para retirar o excesso de energia liberada na reação). Como a probabilidade de ocorrência desta reação cresce com o quadrado da densidade do gás, o oxigênio atômico é estável na alta mesosfera e termosfera, enquanto na estratosfera ele se combina rapidamente para formar o ozônio.

A radiação ultravioleta para  $0,2\mu < \lambda < 0,3\mu$  é absorvida na reação de fotodissociação do ozônio (na estratosfera, entre 20 a 60 km)



O átomo de oxigênio combina rapidamente com  $\text{O}_2$  para formar outra molécula de  $\text{O}_3$ , pela (3). Quando (4) e (3) ocorrem seqüencialmente não há mudança na estrutura química, mas somente absorção de radiação e resultante entrada de calor e aumento de temperatura na estratosfera.

O único outro absorvedor significativo da radiação solar incidente é o vapor d'água que, com o oxigênio e o ozônio, respondem pela maior parte dos 19% da radiação solar que são absorvidos na atmosfera.

## Radiação Terrestre

Aproximadamente 51% da energia solar que chega ao topo da atmosfera atinge a superfície da Terra. A maior parte desta energia é reirradiada para a atmosfera. Como a Terra tem uma temperatura superficial bem menor que a do Sol, a radiação terrestre tem comprimentos de onda maiores que a radiação solar, situados no intervalo infravermelho, entre  $1\mu\text{m}$  e  $30\mu\text{m}$ . A atmosfera é um absorvedor eficiente de radiação entre  $1\mu\text{m}$  e  $30\mu\text{m}$ . O vapor d'água e o dióxido de carbono são os principais gases absorvedores neste intervalo. O vapor d'água absorve aproximadamente 5 vezes mais radiação terrestre que todos os outros gases combinados e responde pelas temperaturas mais altas na baixa troposfera, onde está mais concentrado. Como a atmosfera é bastante transparente à radiação solar (ondas curtas) e mais absorvente para radiação terrestre (ondas longas), a Terra é a maior fonte de calor para a atmosfera. A atmosfera, portanto, é aquecida a partir da superfície.

Quando a atmosfera absorve radiação terrestre ela se aquece e eventualmente irradia esta energia, para cima e para baixo, onde é novamente absorvida pela Terra. Portanto, a superfície da Terra é continuamente suprida com radiação da atmosfera e do Sol. Esta energia será novamente emitida pela superfície da Terra e uma parte retornará à atmosfera que, por sua vez, reirradiará uma parte para a Terra e assim por diante. Este jogo entre a superfície da Terra e a atmosfera torna a temperatura média da Terra  $\sim 35^\circ\text{C}$  mais alta do que seria. Sem os gases absorvedores da nossa atmosfera, a Terra não seria adequada para a vida humana e muitas outras formas de vida.

Este fenômeno extremamente importante tem sido denominado efeito estufa, porque se pensava que as estufas fossem aquecidas da mesma forma. O vidro em uma estufa permite a entrada de radiação de onda curta, que é absorvida pelos objetos no interior. Estes objetos reirradiam, mas em ondas longas, para as quais o vidro é quase opaco. O calor, portanto, é retido na estufa. A retenção da radiação infravermelha pelo vidro, contudo, é apenas parte da razão pela qual uma estufa retém calor interno. Já foi demonstrado que as estufas atingem altas temperaturas porque o vidro protege do vento, restringindo as perdas de calor por convecção e advecção.

A importância do vapor d'água e dióxido de carbono em manter a atmosfera aquecida é bem conhecida em regiões montanhosas. Topos de montanhas recebem mais radiação que os vales durante o dia, porque há menos atmosfera a atravessar. À noite, porém, a atmosfera menos densa também permite maior perda de calor. Este fator mais que compensa a radiação extra recebida e, como resultado, os vales permanecem mais quentes que as montanhas adjacentes, mesmo recebendo menos radiação.

As nuvens, assim como o vapor d'água e o  $\text{CO}_2$ , são bons absorvedores de radiação infravermelha (terrestre) e tem papel importante em manter a superfície da Terra aquecida, especialmente à noite. Uma grossa camada de nuvens pode absorver a maior parte da radiação terrestre e reirradiá-la de volta. Isto explica porque em noites secas e claras a superfície se resfria bem mais que em noites úmidas ou com nuvens. Mesmo uma cobertura fina, através da qual a lua é visível, pode elevar a temperatura noturna em torno de  $5^\circ\text{C}$ .

## **Como variam os níveis de UV**

O fator que tem a maior importância na determinação da intensidade da radiação UV terrestre é a altura do Sol no céu; a qual depende da hora do dia, da estação e da latitude. A altitude, a cobertura de nuvens, o terreno e a quantidade de céu limpo são fatores modificadores de menor importância.

### **Hora do dia**

A maior densidade de radiação UV é recebida nas quatro horas em torno do zênite solar (isto é, quando o Sol está em seu ponto mais alto no céu). No Brasil isto acontece entre 11h00 e 15h00 em um dia claro de verão. Nessas horas, o ângulo dos raios solares relativamente à superfície da Terra é tal que a luz tem a menor distância para atravessar a atmosfera e, portanto menor oportunidade de ser absorvida ou refletida. Como resultado, cerca de um terço da radiação UV diária é recebida entre 12h00 e 14h00 e três quartos entre 10h00 e 16h00.

Aos níveis de UVB, em particular, variam significativamente durante o dia, sendo muito mais suscetíveis aos fatores atmosféricos do que a UVA e a luz visível; assim, no verão, a intensidade de UVB aumenta e diminui muitas vezes entre 10h00 e 16h00. Em termos práticos, portanto, isto significa que o risco de queimadura solar é quando o Sol se encontra em seu ponto mais alto, o que ocorre mais ou menos em torno das 13h00, embora no verão você deva manter um nível mínimo de exposição entre 11h00 e 15h00 porque os níveis de radiações são persistentemente altos durante essa estação.

Uma regra simples a seguir é a de que se sua sombra é menor do que sua altura, você não deve se expor ao sol sem proteção. Pela manhã e ao entardecer, quando as sombras são mais longas, a luz do Sol tem menos efeitos danosos.

### **Estação do ano**

Variações sazonais na intensidade da radiação UV, particularmente a da UVB, são mais pronunciadas em climas temperados, como do norte da Europa. Nessas regiões a intensidade da UVB pode variar até 25 vezes entre inverno e verão. A intensidade da UVA é mais constante, sendo menos suscetível à reflexão, à deflexão e ao conseqüente enfraquecimento durante uma passagem mais curta ou mais longa pela atmosfera. Por outro lado, ao redor do Equador os níveis variam muito menos, sendo altos durante o ano todo, porque o Sol está sempre relativamente alto no céu no meio do dia, independentemente da estação do ano.

### **Latitude geográfica**

A radiação UV diminui à medida que se afasta do Equador. Por exemplo, a média de exposição anual para uma pessoa vivendo no Havaí (20 °N) é aproximadamente quatro vezes maior do que a de uma outra vivendo no norte europeu (50o N). Este aumento de exposição é, de novo, causado pela diminuição da distância que a radiação UV percorre na atmosfera terrestre nas latitudes menores.

## **Altitude**

Como regra geral, para cada 300 metros (cerca de 1.000 pés) de aumento de altitude, o poder da radiação UV em causar queimaduras aumenta cerca de 4%. Isto acontece porque a radiação atravessa uma menor distância de atmosfera em regiões de altas altitudes como nas montanhas.

## **Radiação solar UV**

O componente UV da radiação é pequeno, mas biologicamente importante, consistindo em comprimentos de ondas entre 100 e 400 nanômetros (nm). São subdivididos em três categorias:

UVC: 100 - 290 nm

UVB: 290 - 320 nm

UVA: 320 - 400 nm

A UVC é completamente absorvida pela camada de ozônio da atmosfera e não penetra ao nível do rés do chão, assim a radiação UV que nos atinge consiste em UVB (cerca de 5%) e UVA (95% ou mais). Entretanto, essas porcentagens são aproximações relativas variam com as estações, hora do dia, latitude e muitos outros fatores.

Embora a UVB represente apenas uma pequena proporção do total da radiação UV, ela é, contudo, extremamente importante porque é a responsável principal pelas queimaduras solares, fotoenvelhecimento e câncer de pele.

Isto se dá porque é muitas vezes mais eficiente do que a UVA para causar alterações deletérias no material genético das células vivas, isto é, no DNA. Disso resulta que, mesmo a UVA compondo a maior parte da radiação UV solar ao longo de todo o ano, ela é responsável por apenas cerca de 10% a 20% dos efeitos danosos da exposição ao Sol. Em todo o caso, há evidências claras de que a exposição regular de sua pele a doses altas de UVA em câmaras de UV causa lesão semelhante à da exposição à luz solar, embora as câmaras de UV freqüentemente emitam uma grande quantidade de UVB. A UVA também tem um papel importante no desenvolvimento de toda uma série de erupções cutâneas causadas pela luz solar.

This document was created with Win2PDF available at <http://www.daneprairie.com>.  
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.