

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE
CAMPINAS – UNICAMP

INSTITUTO DE FÍSICA
“GLEB WATAGHIN”- IFGW

Disciplina F609 – Tópicos do ensino de Física I

Verificação do valor da Constante Solar
Luminosidade

E

Temperatura Efetiva do Sol

RELATÓRIO PRÉ FINAL I



Thiago Guedin Verratti RA 104198

E-mail t104198Xdac.unicamp.br

Orientador Anderson Campos Fauth

E-mail anderson.fauthXgmail.com

Campinas – SP

11 de Novembro de 2013

1. A CONSTANTE SOLAR

Constante Solar é denominada pelo fluxo de radiação do Sol, sendo o total da energia que atinge o limite da atmosfera na superfície de 1cm^2 , perpendicularmente aos raios solares durante um minuto. É muito importante conhecer a capacidade exata da potência da radiação solar para muitos problemas da astrofísica e da geofísica. Hoje esta constante é calculada como sendo 1366 W/m^2

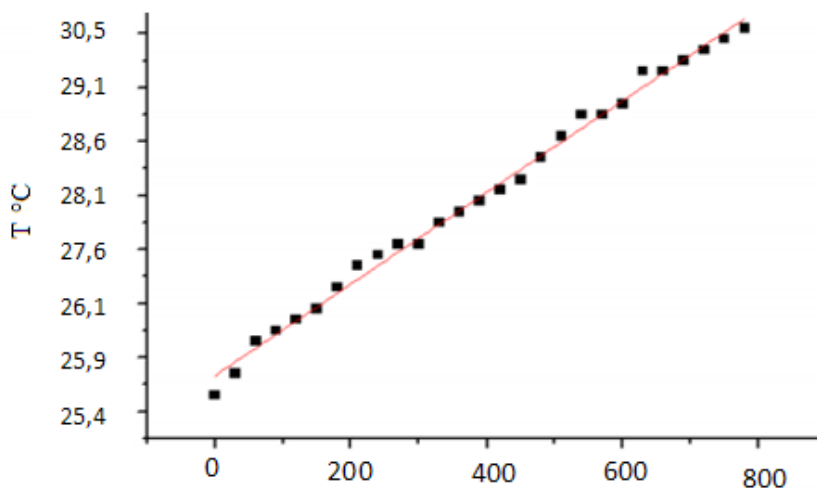
Obtemos a quantidade total de energia irradiada pelo sol em todas as direções, multiplicando esta magnitude pela área da esfera com raio de 1u. a. (unidade astronômica), ou seja, vemos que sua luminosidade total é igual a $3,9 \cdot 10^{26}\text{ J/s}$.¹

2. RESULTADOS ATINGIDOS

Com o recipiente de isopor preparado sobre o Sol, tomou-se a temperatura a cada 30 segundos. Com isso, esperou-se obter algo em torno de 30 medidas. Montou-se uma tabela com a relação entre tempo (em segundos) e a temperatura em $^{\circ}\text{C}$.

A partir dessa tabela utilizando um software como Origin obteve-se um gráfico aproximado de uma reta.

Usando a figura1 encontrada na literatura, obteve-se uma maneira de calcular a variação de temperatura ΔT e a variação do tempo Δt .



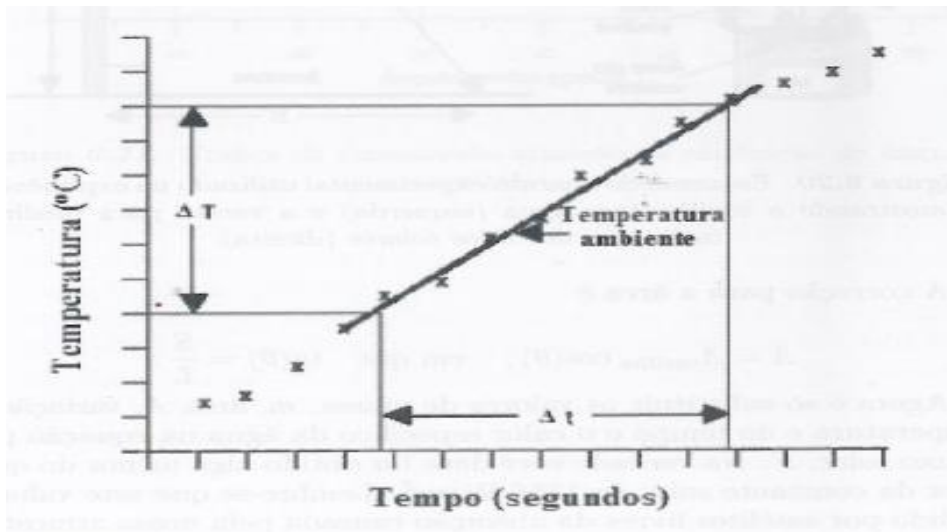


Figura 1

No entanto o experimento exigia que algumas correções fossem feitas, começando pela área efetiva da caixa de isopor que estava sendo utilizada, pois era necessário que a área usada nas expressões fosse perpendicular aos raios solares, isso só seria possível se o Sol incidisse a pino, e como isso não foi possível levando em conta a latitude geográfica e a época do ano, um bastão de 35 cm foi utilizado para medir a inclinação dos raios solares, e com isso obter a área real que foi utilizada.

Tomando a figura 2 e figura 3 como referencia, foi calculado o cosseno do ângulo azimutal usado para corrigir a área.

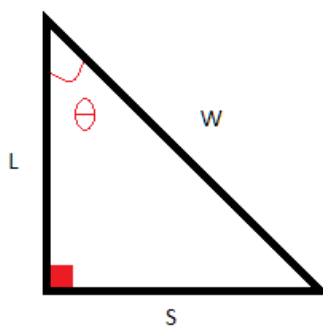


Figura 2.

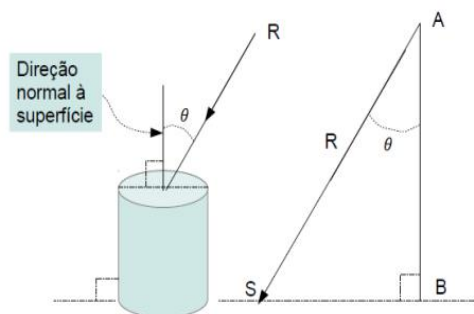


Figura 3.

O cosseno do ângulo azimutal é dado pela fórmula abaixo:

$$W^2 = S^2 + L^2 \rightarrow W = \sqrt{(S^2 + L^2)}$$

$$\cos(\theta) \leftrightarrow S / \sqrt{(S^2 + L^2)} = X$$

Seu erro é expresso da seguinte forma:

$$(\Delta X)^2 = \left(\frac{dX}{dS}\right)^2 (\Delta S)^2 + \left(\frac{dX}{dL}\right)^2 (\Delta L)^2$$

$$(\Delta X)^2 = \left(\frac{(l^2 - s^2)}{(l^2 + s^2)^2}\right)^2 (\Delta S)^2$$

$$(\Delta X)^2 = \left(\frac{(l^2 - s^2)}{(l^2 + s^2)^2}\right)^2 (\Delta S)^2 + \left(\frac{-2ls}{(l^2 + s^2)^2}\right)^2 (\Delta l)^2$$

$$(\Delta X)^2 \leftrightarrow (\Delta \cos(\theta))^2, \text{ assim: } \Delta X \rightarrow \Delta \cos(\theta)$$

A área da caixa retangular de isolar feitas as correções é dada por:

$$A = D1 \cdot D2 \cdot \cos(\theta)$$

$$(\Delta A)^2 = \left(\frac{dA}{dA1}\right)^2 (\Delta A1)^2 + \left(\frac{dA}{dA2}\right)^2 (\Delta A2)^2 + \left(\frac{dA}{d\cos(\theta)}\right)^2 (\Delta \cos(\theta))^2$$

$$(\Delta A)^2 = (D2 \cos(\theta))^2 (\Delta D1)^2 + (D1 \cos(\theta))^2 (\Delta D2)^2 + (-\sin(\theta) D1 D2)^2 (\Delta \theta)^2$$

Tomadas às correções o fluxo solar é apresentado por:

$$F = MaCa \Delta T / A \Delta t$$

Cujo erro associado é:

$$(\Delta F)^2 = \left(\frac{dF}{dA}\right)^2 (\Delta A)^2 + \left(\frac{dF}{dT}\right)^2 (\Delta T)^2 + \left(\frac{dF}{dt}\right)^2 (\Delta t)^2 + \left(\frac{dF}{dMa}\right)^2 (\Delta Ma)^2$$

$$(\Delta F)^2 = \begin{aligned} & (-MaCa \Delta T / A^2 \Delta t)^2 (\Delta A)^2 + (MaCa / A \Delta t)^2 (\Delta T)^2 + \\ & + (-MaCa \Delta T / A \Delta t^2)^2 (\Delta t)^2 + (\Delta T Ca / A \Delta t)^2 (\Delta Ma)^2 \end{aligned}$$

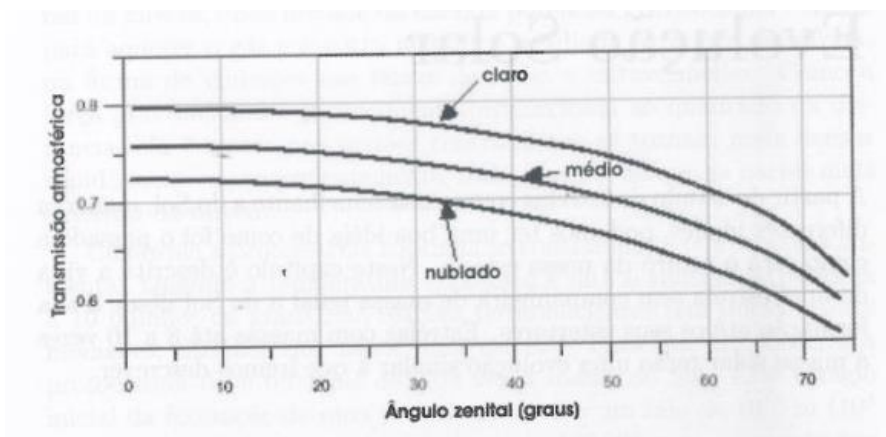
Tendo seguido a propagação dos erros associados às medidas, foi encontrado o seguinte valor para o fluxo solar:

$$F = 780 \pm 95 \text{ W m}^{-2}$$

Um valor aceitável, com erro de 2,5% apenas. Tendo em vista todas as dificuldades encontradas na hora de realizar as medidas e usando equipamentos grosseiros o resultado é mais do que satisfatório.

Feita a correção do fluxo pela absorção atmosférica usando a formula e utilizando este gráfico:

$$X: F_c = F / X$$



Levando em conta que no dia do experimento o céu encontrava-se claro e o ângulo azimutal encontrado era de 17,59 °.

Obteve-se seguinte resultado:

$$F_c = 1258 \text{ W m}^{-2}$$

Este resultado encontra-se próximo ao da literatura $F_c = 1366 \text{ W m}^{-2}$. Houve um erro de 8% aproximadamente, ligado a possíveis descuidos na hora das medidas de temperatura e tempo, visto a dificuldade encontrada na hora de realizar estas medidas.

Podemos citar também erros associados aos instrumentos usados, sendo que os mesmos são equipamento de uso doméstico nada preciso ou sofisticado.

A luminosidade Solar pode ser encontrada multiplicando-se F_c pela área de uma esfera de raio igual à distância Terra-Sol, d_t .

Onde d_t :

$$d_t = 1,5 \times 10^{11} \text{ m.}$$

Usando a seguinte fórmula:

$$L = 4\pi d_t^2 F_c$$

O valor encontrado foi $3,55 \times 10^{26} \text{ W}$ muito próximo do valor real de $3,9 \times 10^{26} \text{ W}$.

Novamente pode ser dito que o erro associado deve-se a descuido na obtenção das medidas e uso de equipamento doméstico.

2.1 Lista de materiais Usados

- I. Recipiente de isopor (20cm x15cm).
- II. Tinta preta fosca.
- III. Termômetro Culinário Digital Modelo Tp 3001.
- IV. Pincel.
- V. Cronômetro.
- VI. Régua.
- VII. Filme PVC transparente.
- VIII. Água comum.

3. Fotos do experimento

Caixa de isopor utilizada para armazenar água.



Materiais utilizados 1.



Materiais utilizados 2.



Suporte juntamente com anteparo.



Pintura do recipiente usando tinta preta 1.



Pintura do recipiente 2.



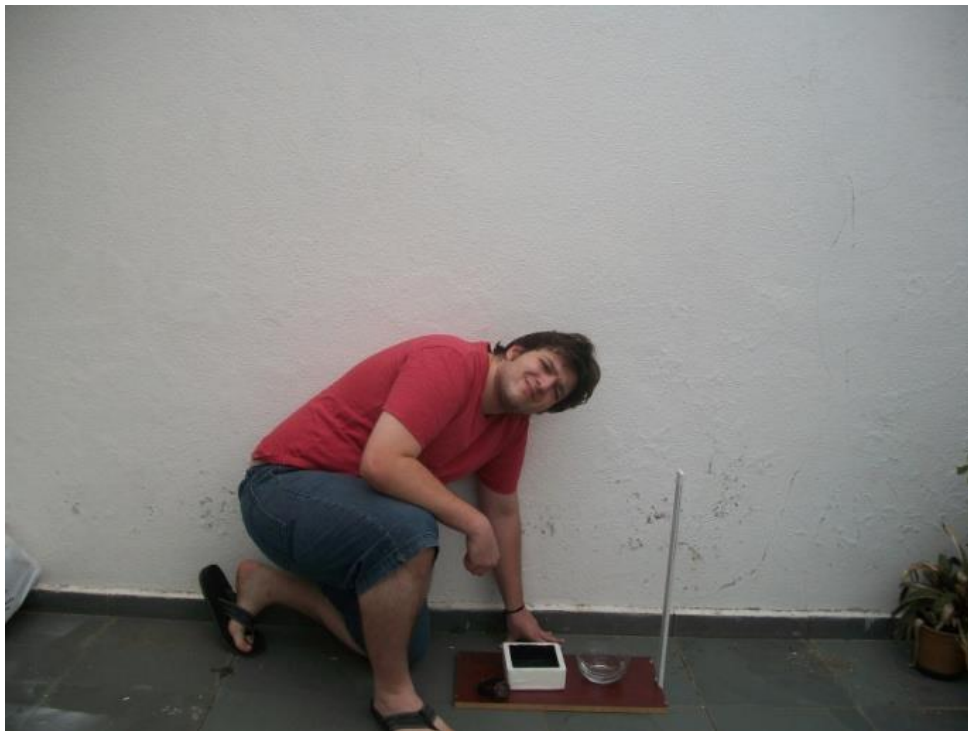
Pintura do recipiente 3.



Inicialização da etapa de coleta de dados.



Inicialização da etapa de coleta de dados 2.



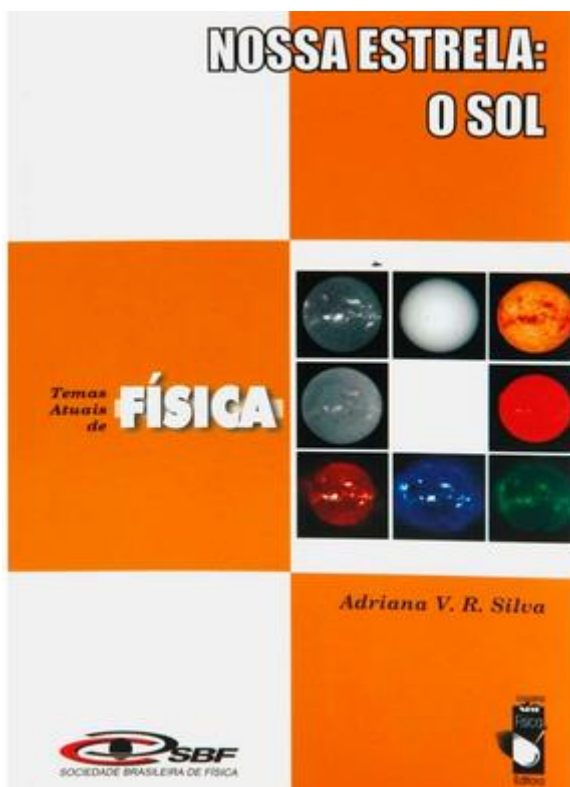
4. Dificuldades Encontradas

Trata-se de um experimento um tanto quanto simples, a montagem experimental não é nada complexa tornando assim este experimento muito interessante para ser feitos não somente por alunos do ensino médio como pessoas que não estejam efetivamente ligadas ao ensino de física (alunos ou professores). Existe porem alguma dificuldade se nos apegarmos ao uso de programas como Origin. ou Excel, vendo do ponto de vista que não são todos que dominam estes softwares.

O que torna ainda mais interessante a idéia de promover esta experiência em escolas, é que a mesma não exige um grande montante de dinheiro para ser realizada, todos os materiais são de fácil acesso.

5. Pesquisas Realizadas

Livro: Nossa Estrela O Sol



6. Descrição do trabalho em termos dos níveis de ensino

Público Geral

Todos nós, quando expostos a Luz solar, sentimos algumas sensações, dentre elas é possível observar o aquecimento da pele evidenciando a energia irradiada pelo Sol e o aumento da temperatura da mesma.

Também observamos a variação da luminosidade em uma superfície onde a luz solar incide direta ou indiretamente.

Ensino Médio

É possível observar fenômenos físicos abordados na sala e laboratório de física. O princípio da conservação de energia junto ao método usado em sua transmissão, desde a fonte de emissão, o Sol, até ao receptor dessa energia, o Planeta Terra. O comportamento da luz solar como onda eletromagnética e há ausência de um meio de propagação da mesma. Podemos abordar a potência real-efetiva da transmissão de energia entre o Sol e a Terra. E que fatores contribuem para que essa potência seja diferente na emissão e recepção. Pode-se ainda abordar assuntos como o surgimento dessa energia proveniente das estrelas e seu comportamento.

Ensino Superior

O fluxo solar recebido pela Terra varia de acordo com três ciclos astronômicos descobertos por Milankovich. Esses ciclos são responsáveis por intervalos periódicos glaciais e interglaciais, durante os quais as temperaturas são amenas.

Os ciclos astronômicos são resultantes de:

- 1) Precessão do eixo de rotação da Terra (com período de 23 000 anos).
- 2) Nutação ou variação da inclinação do eixo de rotação (duração de 41000 anos);
- 3) Variação na excentricidade da órbita da Terra (periodicidade de 100000 anos) causando mudanças na distância da Terra ao Sol, o que intensificaria as estações em um hemisfério e amenizaria no outro.

Uma maior inclinação do eixo de rotação da Terra causaria estações mais extremas nas regiões em altas latitudes em ambos os hemisférios, com verões tórridos e invernos gélidos.

Modelos de evolução estelar indicam que a luminosidade solar tem crescido em escalas de tempo ainda maiores, de bilhões de anos. Desde sua formação, há 4,6 bilhões de anos, até o presente, o fluxo solar cresceu aproximadamente 30%, como consequência da conversão de hidrogênio em hélio pelas reações termo-nucleares no núcleo do Sol.

Este fluxo solar tende a aumentar ainda mais conforme o Sol evolui.

O fluxo solar é a energia proveniente do sol por unidade de tempo por unidade de área, em unidades de $J/m^2 \cdot s$. Portanto, se multiplicarmos o fluxo, F , pela área, A , em que a radiação incide e a duração de tempo Δt , que esta área é exposta ao Sol, teremos a energia recebida do Sol:

$$E_{\text{sol}} = F.A. \Delta t$$

O aumento de temperatura de um corpo exposto a uma fonte de calor depende da massa, m , deste corpo e também da sua capacidade absorvedora. Esta propriedade é chamada de calor específico, C . O calor específico depende da substância considerada, e, no caso da água, vale $C_{\text{água}} = 4,186 J/kg \cdot ^\circ C$. Portanto, a quantidade de calor fornecida pelo sol que seja capaz de aumentar a temperatura de ΔT de uma massa m de água é:

$$Q_{\text{sol}} = m.C_{\text{água}} \cdot \Delta T$$

Igualando a quantidade de calor fornecida pelo Sol com a energia recebido do sol, obtemos:

$$E_{\text{sol}} = Q_{\text{sol}}$$

$$F.A. \Delta t = m.C_{\text{água}} \cdot \Delta T$$

$$\Delta T = (F.A / m. C_{\text{água}}) \Delta t$$

Note que a variação da temperatura é diretamente proporcional ao tempo de exposição, Δt . Portanto, ao criar um gráfico que mostre a temperatura em função do tempo devemos obter uma reta. Rearranjando a equação, pode se obter o fluxo solar incidente na Terra:

$$F = m a C a \Delta T / A \Delta t$$

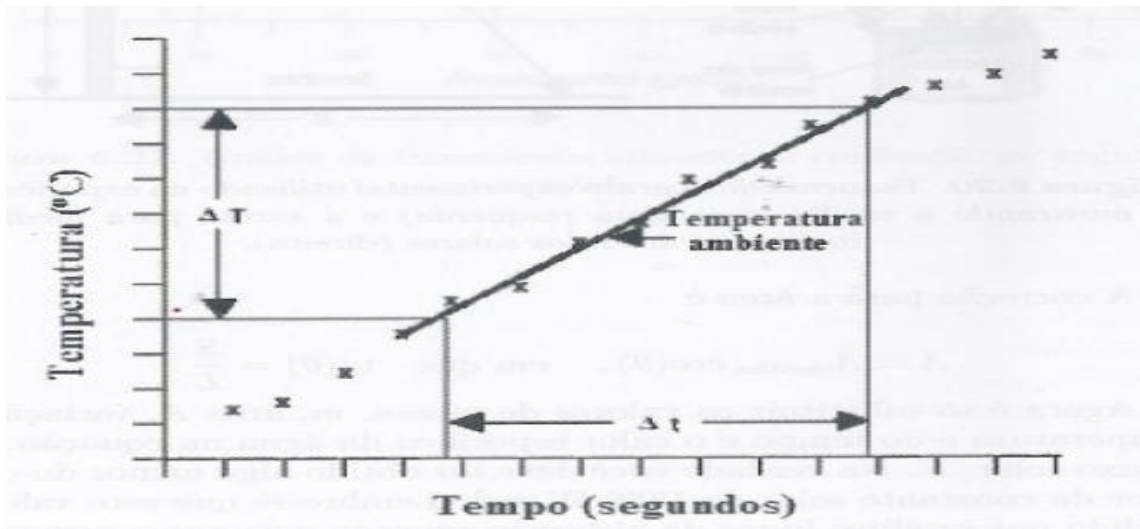


Figura 2. Gráfico da medida de temperatura em função do tempo, as cruzes representam os valores medidos.

Dependendo da hora do dia em que o experimento foi realizado é necessário fazer a correção da área, pois a área usada nas extremidades acima deve ser perpendicular aos raios solares. Isto só será verdade se o Sol estiver a pino. Como provavelmente este não será o caso, dependendo da latitude geográfica e época do ano, basta usar uma vareta ou bastão para medir a inclinação dos raios solares conforme mostrado na figura 3.0 à direita. Para isso, basta que a vareta esteja perpendicular ao solo da seguinte forma.

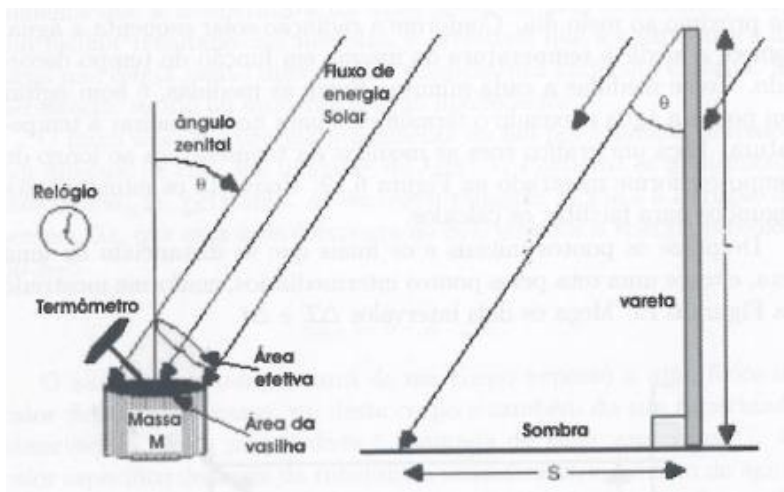


Figura 3.0 Esquema do aparato experimental utilizado na experiência mostrando a vasilha com água (esquerda) e a vareta para medir a inclinação dos raios solares (direita).

A correção para a área é:

$$A = A_{\text{vasilha}} \cdot \cos(\theta), \text{ em que } \operatorname{tg}(\theta) = S/L$$

O valor da literatura refere-se a uma constante de 1366 W/m^2 . Este valor foi medido por satélites livres da absorção causada pela nossa atmosfera.

É possível estimar a transmissão atmosférica, X , usando o gráfico da figura 4.0 para o ângulo zenital θ calculado acima.

Para corrigir o fluxo pela absorção atmosférica basta dividi-lo por X : $F_c = F/X$. Agora o valor do fluxo solar deve ser mais próximo de 1366 W/m^2 .

A luminosidade solar pode então ser obtida multiplicando-se F_c pela área de uma esfera de raio igual à distância Terra-Sol $\approx 1,5 \times 10^{11} \text{ m}$

$$L = 4\pi d^2 F_c = 4\pi (1,5 \times 10^{11})^2 \cdot 1366 = 3,9 \times 10^{26} \text{ W}$$

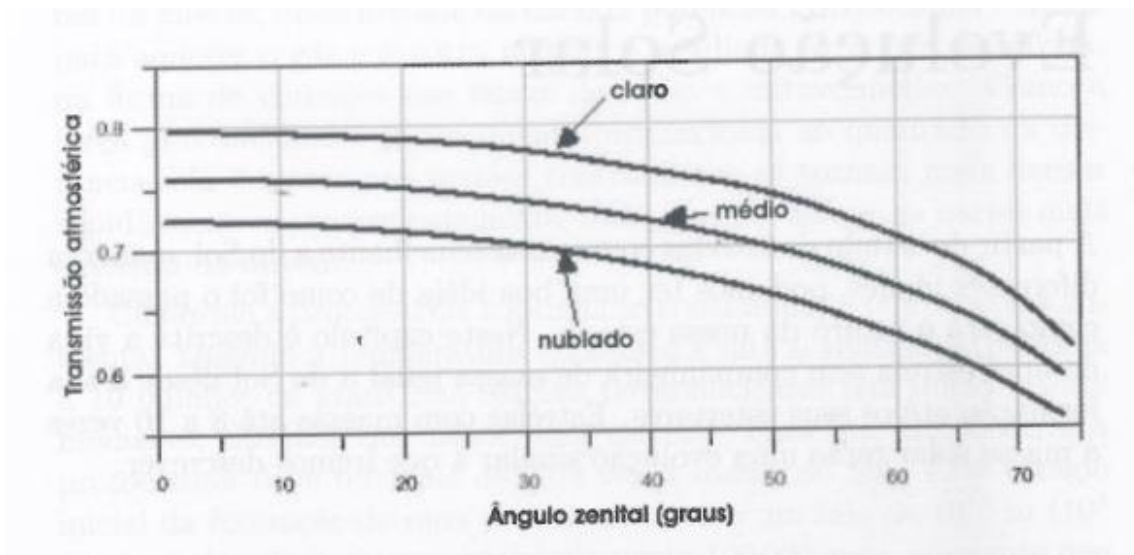


Figura 4.0 gráfico da transmissão atmosférica em função do ângulo zenital.

7. Declaração do orientador

Meu orientador concorda com o expressado neste relatório parcial e deu a seguinte opinião:

*

*

*

*

*

8. Apresentação

Gostaria se possível, de apresentar no dia 13 de Novembro. Sendo o horário Irrelevante.

9. Referências Bibliográficas

- 1. Silva, V. R. A. Nossa Estrela: o Sol - Col. Temas Atuais de Física**
- 2. BASSO, D. Desenvolvimento, construção e calibração de radiômetros para a medida da radiação solar. 1980. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia,**
UFRGS, Porto Alegre.
- 3. HOLMAN, J. P. Transferência de calor. São Paulo: McGraw-Hill, 1983.**