

BALANÇO DE CALOR NA INTERFACE AR-MAR

* Regina Márcia Fraga Lobato

Este trabalho enfoca o Balanço de Calor na interface Ar-Mar. Utilizando-se dados meteorológicos horários da Estação Meteorológica de Cananéia da IOUSP para o dia 15 de março de 1970 calculou-se os termos do Balanço de Calor e foram observadas as variações diárias apresentadas por cada termo, bem como a relação existente entre elas.

A radiação solar foi calculada através de fórmulas empíricas e comparadas aos resultados medidos pela estação meteorológica.

Como complemento, calculou-se também a "Relação de Bowen" e a "Tensão de Cisalhamento do Vento".

1 – INTRODUÇÃO

Os fluxos de calor trocados entre o Oceano e a Atmosfera, apresentam-se de forma variada, porém todos possuem uma única fonte, a Radiação emitida pelo Sol.

O sol emite radiação de ondas-curtas que após ultrapassarem a atmosfera, incidem sobre a superfície da terra (Continentes e oceanos), e à partir daí sofrem uma série de transformações, surgindo então os vários termos de calor. Deste modo, os fluxos existentes apresentam-se sob a forma de Calor Sensível (Hs), Calor Latente (HI), a radiação emitida pelo sol propriamente dita (Io), as radiações de Ondas-longas (Qn) e o Fluxo Advectivo. Este último não foi considerado no cálculo do balanço de Calor por falta de informações a seu respeito. Serão tecidos breves comentários sobre cada termo calculado, a seguir:

A Radiação Solar incidente sobre a superfície da Terra (Io), corresponde aproximadamente a 50% da radiação solar incidente sobre o limite superior da atmosfera. São radiações de ondas-curtas ($\lambda = 5 \mu m$) que incidem sobre a superfície da terra diariamente durante o período de exposição ao sol. Essa energia quando penetra no oceano é atenuada, sendo representada por Ioz, que na verdade é o termo considerado no Balanço de Calor dos Oceanos.

O Fluxo de Calor Latente (HI) é o termo de calor utilizado na mudança de Fase da água. Grande parte da Energia Calorífica incidente no Oceano é gasto na Evaporação da água.

O Fluxo de calor sensível (Hs) tende a equilibrar as temperaturas dos dois meios, Oceano e Atmosfera. Este fluxo é controlado basicamente pelas diferenças de temperatura entre o Oceano e a atmosfera.

A Radiação Líquida de Ondas-Longas (na região do infra-vermelho) (Qn), é o resultado da diferença entre a radiação emitida pela superfície do Oceano (Qb) e aquela refletida da atmosfera que retorna ao Oceano (Qa).

Portanto, o balanço de Calor no Oceano é expresso pela fórmula:

$$Q_f = -IOZ + H_s + HI + Q_n$$

* Bacharel em Física, Pós Graduada em Processamento de Dados Mestranda em Física pela UFC, Profa. Assistente da Universidade de Fortaleza – UNIFOR, Física da Fundação Cearense de Meteor. Rec. Hídricos – FUNCEME

Neste trabalho o Fluxo Positivo é aquele direcionado para cima (sentido Oceano-Atmosfera) e virse-versa (Sentido atmosfera-Oceano).

RELAÇÃO DE BOWEN

Paralelamente ao cálculo do Balanço de Calor, foi determinada a Relação de Bowen (B) horária. Esta relação é definida como sendo a razão entre o Fluxo de Calor Sensível e o Fluxo de Calor Latente. A relação de Bowen é um número adimensional e que é utilizado para caracterizar regiões em função desses fluxos. Para o hemisfério Sul são atribuídos valores variando entre 0,1 em baixas latitudes e 0,23 em altas latitudes.

A TENSÃO DE CISALHAMENTO DO VENTO

Foi outro parâmetro calculado. Este parâmetro exprime as trocas de quantidade de movimento entre a atmosfera e o Oceano, e, o objetivo de sua determinação foi observar a ordem de grandeza dos resultados obtidos.

Este trabalho ainda forneceu uma comparação entre a Radiação solar calculada e a Radiação Solar medida. As fórmulas existentes são todas empíricas e utilizam variáveis as quais dependem de outros fatores como Cobertura de Nuvens (tipo) e o Albedo da Superfície do Mar (estado do mar, elevação do Sol). Com isso a precisão deste cálculo é discutível e um paralelo entre as várias maneiras de se obtê-lo com o valor medido é feito.

METODOLOGIA

A radiação solar foi calculada segundo as fórmulas de Balanço de Radiação proposta por Hastenrath (1978), contidas no Apêndice elaborado por Sônia Lúcia Santori. 1) $SW_{\downarrow \uparrow} = SW_{\downarrow} \text{ (direta clara)} + SW_{\downarrow} \text{ (difusa clara)} + \bar{S}W_{\downarrow} \text{ (difusa coberta)} - SW_{\uparrow} \text{ (direta refletida)} - \bar{S}W_{\uparrow} \text{ (difusa refletida)}$.

$$1) SW_{\downarrow} \text{ (direta clara)} = (1 - Ct) \frac{So}{\rho z} \cos \theta \left(\frac{0,907}{\cos \theta} + 0,0018 \right)$$

Onde:

Ct – cobertura de nuvens em décimos;
 θ – ângulo zenital do sol;
 So – constante solar (1,94 cal/cm² . min);
 T – coeficiente de turbidez;
 ρ – raio vetor.

$$2) SW_{\downarrow} \text{ (direta clara)} = 0,36 (Jo - SW \text{ (direta clara)})$$

Onde:

$$Jo = \frac{So}{\rho^2} \cdot \cos \theta$$

$$3) SW_{\downarrow} \text{ (difusa coberta)} = 0,36 (SW_{\downarrow} \text{ (direta clara)} + SW_{\downarrow} \text{ (difusa clara)})$$

$$4) SW_{\uparrow} \text{ (direta refletida)} = A \cdot SW_{\uparrow} \text{ (direta clara)}$$

onde:

A: albedo

$$5) SW_{\uparrow} \text{ (difusa refletida)} = A \cdot SW_{\uparrow} \text{ (difusa)}$$

** As radiações difusas foram ainda calculadas utilizando as seguintes expressões:

$$SW_{\downarrow} \text{ (difusa clara)}_{\text{efetiva}} = (1 - Ct) SW_{\downarrow} \text{ (difusa clara)}$$

$$SW_{\downarrow} \text{ (difusa coberta)} = Ct SW_{\downarrow} \text{ (difusa coberta)}$$

A maioria das variáveis envolvidas foram obtidas através dos dados fornecidos* e com auxílio do Anuário Astronômico e tabelas contidas em List (1966).

Um problema enfrentado foi a interpolação da Cobertura de Nuvens. Os dados existentes referem-se somente às 9, 15 e 21 horas e para os cálculos necessários seria preciso dados horários. As interpolações foram obtidas de duas maneiras: uma intuitiva, em que arbitrou-se cobertura total para os horários anteriores às 9:00h, e, para os horários subsequentes, adotou-se uma interpolação linear em função das outras medidas existentes de cobertura de nuvens e a insolação e, daí interpolou-se para outros horários carentes de observações.

As radiações refletidas foram calculadas levando-se em conta um albedo médio de 0,06 (de acordo com Hastenrath (1978) e um calculado para cada horário através da fórmula proposta por Lawastu (1960).

$$A = 300 / \xi \quad \text{e} \quad A = 250 / \xi \quad p / \xi < 50^\circ$$

Onde:

ξ é a elevação do sol.

No entanto, está fórmula é válida para ângulos não menores de 20 a 25°. Tendo em vista que alguns autores admitem um valor de 20% para $\xi \approx 10^\circ$, este valor de albedo foi considerado máximo e adotado mesmo para ângulos menores do que 10°.

O Balanço de Calor foi determinado a cada hora segundo a fórmula:

$$Q_f = -I_{oz} + Q_n + H_s + H_l$$

Para:

$$1. I_{oz} = (1 - A)(1 - R)(1 - 0,7N) I_0$$

Onde:

A = Albedo
 R = Reflectância
 N = Cobertura de nuvens em décimos (Interpolação Intuitiva)
 I₀ = Radiação solar
 * = Apêndice 1 e 2

OBS:

O Albedo também foi calculado segundo a fórmula de Lawastu (1960). Por outro lado a reflectância foi calculada segundo List (1966).

2. A radiação líquida de infra-vermelho (Qn) foi obtida através da expressão:

$$Q_n = \epsilon T^4 w (0,39 - 0,05 \sqrt{ea}) (1 - 0,6 N^2)$$

$$U(Q_n) = \text{cal/cm}^2 \text{s}$$

Onde:

$$\epsilon = 0,98$$

ea = tensão de vapor do ar em mb

$$T = \text{constante de Stefan Boltzman} = 5,67 \times 10^{-12} \text{ wK}^{-4} \text{cm}^{-2}$$

N = cobertura de nuvens em décimo (interpolação intuitiva)

Tw = temperatura da água em °K

3. Para cálculo do fluxo de calor latente e fluxo de calor sensível, foi utilizado o "Bulk Aerodynamics Method":

$$H_s = \rho_a C_p C_h (T_w - T_a) U_a \quad (\text{Calor sensível});$$

$$H_l = L_t (p_a C_e (q_w - q_a) U_a)$$

Onde:

ρ_a - densidade do ar (1)

C_p - calor específico (2)

q - umidade específica (3)

U_a - velocidade do vento (4)

T - temperatura (5)

C_e^* e C_h^{**} - coeficientes de arrasto para condições de estabilidade neutras (6)

L_t - calor latente de vaporização/condensação (7)

w, a - índices que significam oceano e ar.

(1) A densidade do ar utilizado nos cálculos foi determinado à partir de uma média entre aqueles horários, obtidas através da temperatura virtual do ar e da pressão em List (1966) - Tabela 71. $P = 1, 1880 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$.

$$(2) C_p = 0,240 \text{ cal/g}^\circ\text{C}$$

(3) Determinou-se a umidade específica a partir da relação:

$$q = \epsilon \frac{e}{p}$$

Onde:

$$\epsilon = 0,621$$

e = pressão de vapor

p = pressão em mb

(4) velocidade do vento. Muitos dos seus valores foram interpolados em virtude de dados existentes serem médios para intervalos de 2 horas $U(U_a) = \text{m/s}$.

(5) temperatura à superfície do mar e do ar em °C.

(6) o valor de C_p utilizado foi um valor médio entre os encontrados por Kandu (1975) para condições de estabilidade e intensidade de vento de 2m/s e maiores do que 8m/s.

(7) L_t utilizado como 585 cal/s.

4. A relação de Bowen horária foi calculada empregando-se a fórmula característica:

$$B = \frac{P}{1,513,6} \times \frac{\overline{T_w} - \overline{T_a}}{e_w - e_a}$$

Onde:

P - pressão em mb

T_w, T_a - temperaturas da água e do ar.

e_w, e_a : tensões de vapor do mar e do ar.

** Com o objetivo de só determinar a relação de Bowen de modo a estabelecer comparações com os resultados propostos por Suerdrup, obteve-se B um \overline{B} (médio).

5. A tensão de Cisalhamento foi calculada segundo a fórmula obtida da "bulk Aerodynamic Method":

$$\tau = \rho_a \cdot C_D \cdot U_a^2$$

Onde:

ρ_a - densidade do ar

C_D - coeficiente de arrasto (determinado em função somente da velocidade do vento)

U_a - velocidade do vento

*** Todas as relações necessárias para o cálculo dos termos do balanço de calor estão detalhadas nas "Notas de Aulas do Curso" e em Mascarenhas (1985).

3 -- RESULTADOS E DISCUSSÕES

CALOR LATENTE (HI)

Foi observado a variação do fluxo de calor latente em função da umidade relativa do ar e da intensidade de vento - fig. 1.

Verifica-se uma relação direta e inversa e na mesma proporção de HI com a intensidade do vento e com a umidade relativa. Respectivamente.

Vale dizer que o cálculo efetuado não considera a evaporação pela convecção livre e instabilidade atmosférica ou seja, a expressão para o fluxo de calor latente extraída do Bulk Aerodynamic Method, não permite que haja evaporação em condições de calmaria (vento nulo).

FLUXO LÍQUIDO DE RADIAÇÃO DE ONDA-LONGA (Qn)

A fig. 2 apresenta a variação diária de Qn em função da temperatura da água do mar, umidade relativa do ar, e, cobertura de nuvens.

Observa-se que há uma relação direta de Qn com a temperatura da superfície do mar e inversa com a cobertura de nuvens e umidade relativa do ar.

Isto pode ser explicado uma vez que aquecimento da água do mar é o próprio processo de transformação da energia de onda curta emitida pelo sol em radiação de onda-longa. Por outro lado, maiores concentrações de partículas no ar (maiores valores de cobertura de nuvens e umidade relativa do ar),

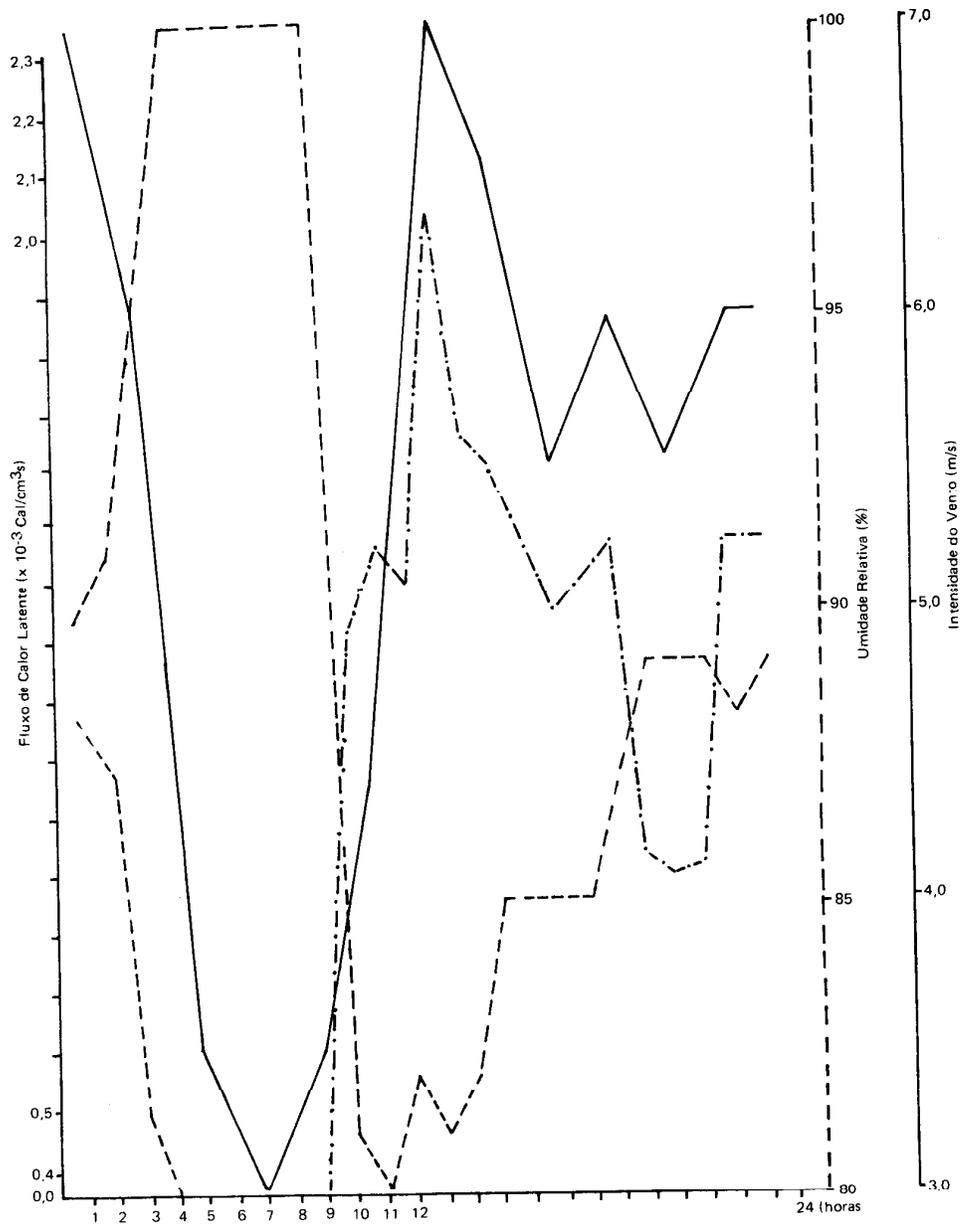


Figura 1

induzem à maior incidência do fluxo de ondas-longas transmitido pela atmosfera (Q_a) o que vem a diminuir o fluxo líquido de Radiação Infravermelho (Q_n).

CALOR SENSÍVEL (H_s)

Na fig. 3 tem-se o ciclo diário do fluxo de calor sensível, bem como de variáveis associadas, diferença entre as temperaturas da água e do ar e intensidade de vento. Verifica-se que ambas as variáveis possuem influência semelhante no fluxo de calor sensível. É possível afirmar no entanto que a diferença de temperatura dos dois meios, mar e atmosfera possui uma significância ligeiramente importante (mais) do que a intensidade do vento no ciclo diário de H_s .

O BALANÇO DE CALOR

O balanço de calor na interface ar-mar, observado no dia 15 de março na Estação Meteorológica da IOUSP em Cananéia-SP, apresenta-se na figura 4.

Nota-se que a parcela de maior ordem de grandeza no balanço de calor é a Radiação de Onda Curta penetrante no mar (loz), que entretanto não é suficiente para produzir um ganho de energia no balanço diário. Isto certamente deve-se ao fato do período limitado de atuação de loz , restrita somente ao período de exposição da superfície do mar ao sol.

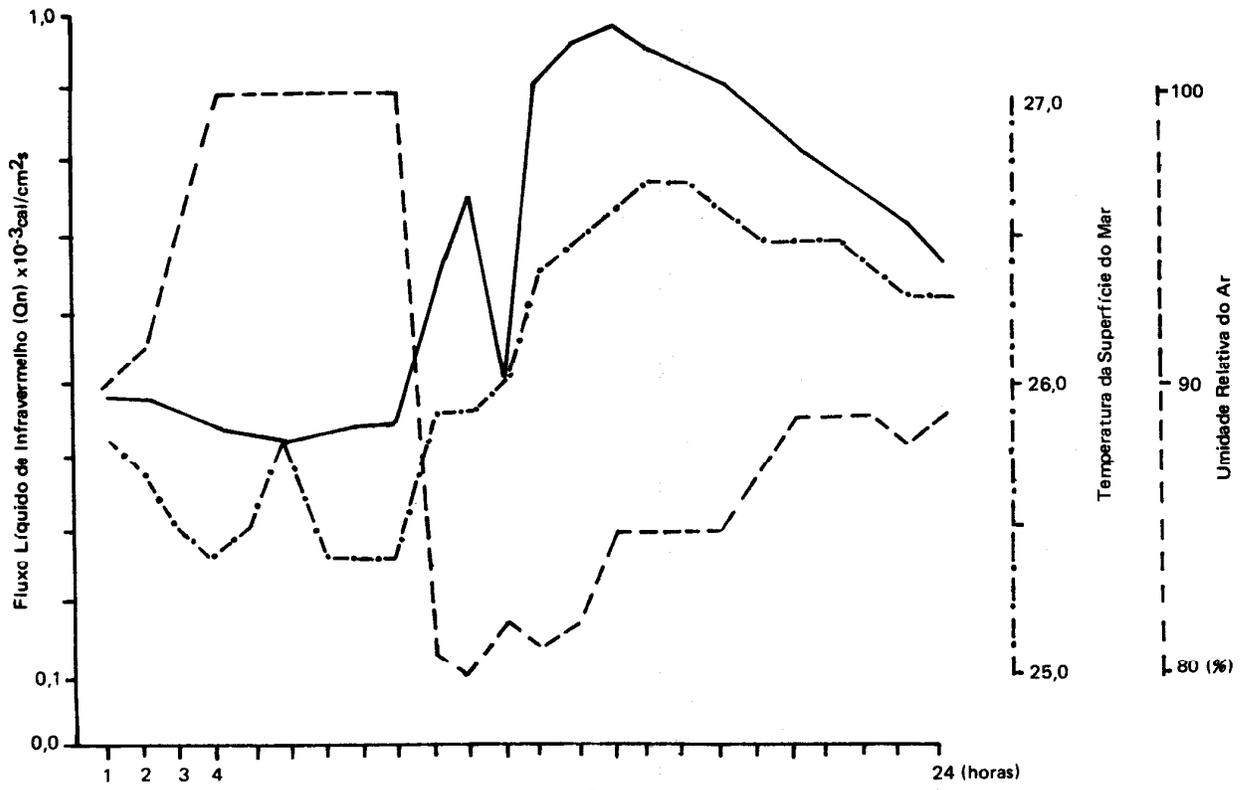


Figura 2

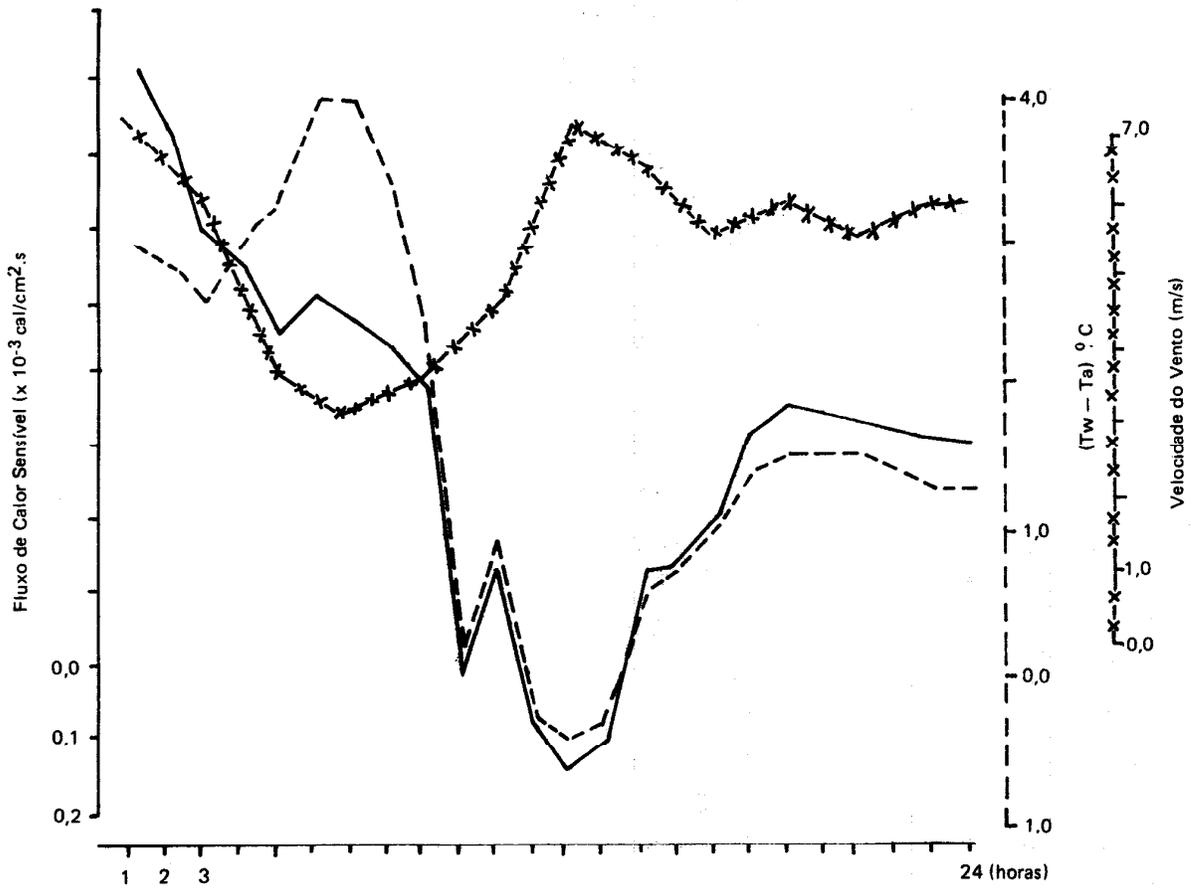


Figura 3

BALANÇO DE CALOR NA INTERFACE AR-MAR

Data: 15/03/70

Caranéia - SP

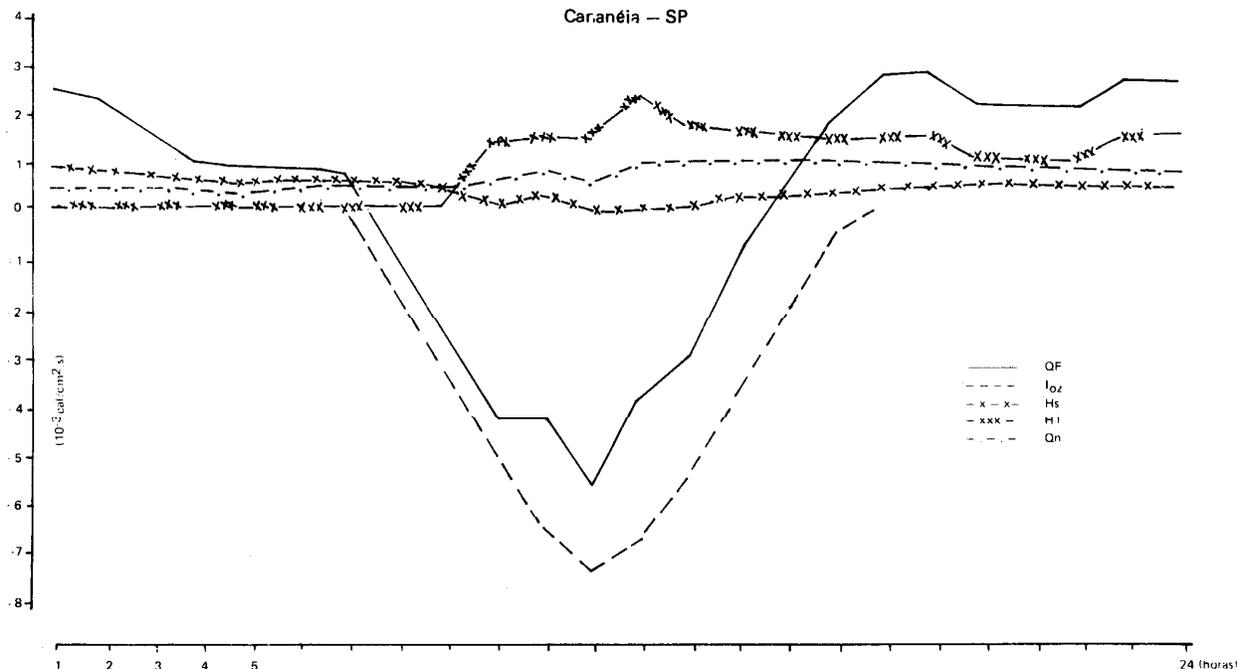


Figura 4

De modo geral, o oceano perdeu calor nos períodos de 1:00 às 7:30hs e 16:00 às 24:00hs e ganhou das 7:30 às 16:00hs. Portanto os maiores ganhos de calor foram durante o dia e as maiores perdas situaram-se no período noturno

Na tabela 1 apresentam-se os termos do balanço de calor com suas respectivas ordens de grandeza. Verificou-se a seguinte ordem na participação de cada termo do balanço de calor:

$$I_{02} > H_l > Q_n > H_s$$

RADIÇÃO SOLAR PENETRANTE NO OCEANO (I_{02})

A figura 5 apresenta a variação diária da radiação solar incidente sobre a superfície do mar (I_0) e aquela que penetra no oceano (I_{02}) atenuada devido ao albedo e a reflectância da superfície do Oceano, sendo ainda função da cobertura de nuvens.

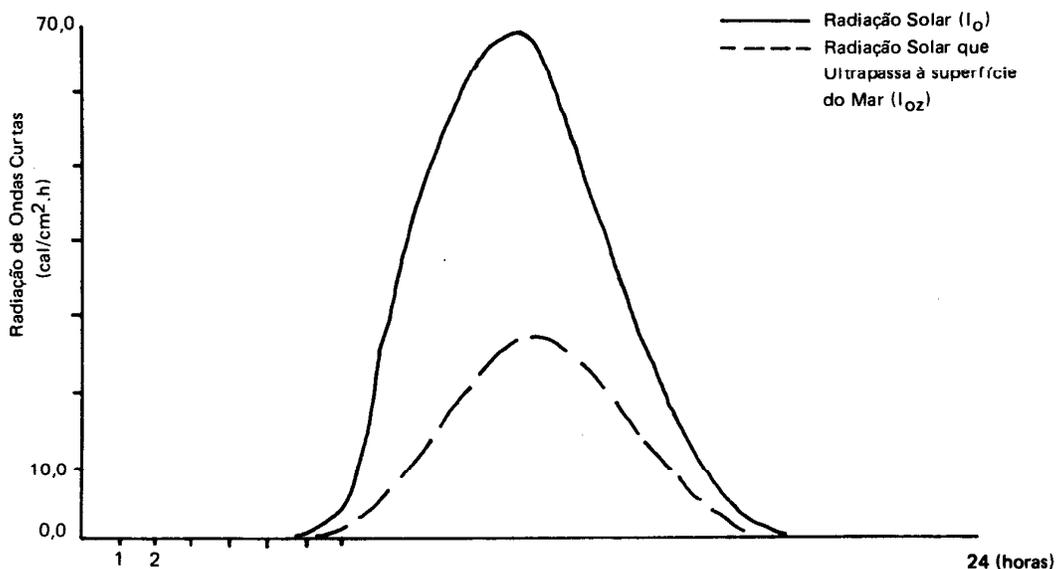


Figura 5

Nota-se a eficiente atenuação aplicada a I_0 , uma vez que I_0 possui somente 36,9% da radiação incidente sobre a superfície.

O BALANÇO DE RADIAÇÃO DE ONDAS CURTAS

As tabelas 2 e 3 contém de forma sucinta um paralelo entre as diversas modalidades de cálculo dos termos do balanço de Radiação.

Observa-se que as diferenças obtidas entre os resultados de radiação refletida em função do albedo

TABELA 1
Fluxos de calor em cal/cm^2 dia com respectivos percentuais no balanço de calor.

FLUXO	CAL/CM ² DIA	%
I_0Z	155,98	47,26
HI	85,33	26,36
Qn	58,25	18,00
Hs	27,19	8,4

TABELA 2

Radiação de Onda Curta (em Cal/Cm^2 min) à superfície do mar, em 15/03/70 na Estação Meteorológica do IOUSP em Cananéia, calculado segundo a fórmula do Balanço de Radiação proposta por 1 Hastenrath (1978). Os resultados repres. o somatório ref. cic. diário.

COBERTURA DE NUVENS DETERMINADA INTUITIVAMENTE					COBERTURA DE NUVENS RELACIONADA A INSOLAÇÃO			
			P/Rad. Difusa Efetiva		A(Cal.)	\bar{A}	A(Cal.)	\bar{A}
SW	A(Cal.)	\bar{A}	A(Cal.)	\bar{A}				
Radiação Direta Clara	126,6 (24,06%)	126,6 (24,17%)	126,6 (44,05%)	126,6 (44,33%)	215,4 (35,51%)	215,4 (35,62%)	215,4 (54,62%)	215,4 (54,15%)
Radiação Difusa Clara	235,8 (44,81%)	235,8 (45,02%)	42,6 (14,82%)	42,6 (14,92%)	202,8 (33,43%)	202,8 (35,53%)	61,8 (15,51%)	61,8 (15,54%)
Radiação Difusa Coberta	130,2 (24,74%)	130,2 (24,86%)	99 (34,45%)	99 (34,66%)	150,6 (24,83%)	150,6 (24,90%)	96,6 (24,25%)	96,6 (24,28%)
Radiação Direta clara Refletida	8,4 (1,60%)	8,4 (1,60%)	8,4 (2,92%)	8,4 (2,94%)	14,4 (2,37%)	13,8 (2,28%)	14,4 (3,62%)	13,8 (3,47%)
Radiação Difusa Refletida	25,2 (4,79%)	22,8 (4,35%)	10,8 (3,76%)	9 (3,15%)	23,4 (3,86%)	22,2 (3,67%)	10,2 (2,56%)	10,2 (2,56%)
TOTAL	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

TABELA 3
Percentual de erro da Radiação Solar calculada com relação à Radiação Solar medida (em cal/cm^2 min)

C_T DETERMINADA INTUITIVAMENTE			C_T RELACIONADA A INSOLAÇÃO	
Radia. solar medida	Radia. solar calculada	Radia. solar calc. c/rad. Dif. efetiva	Radia. solar calculada	Radia. solar calc. c/rad. Dif. efetiva
406,57	492,2 (21,16%)	268,2 (34,03%)	568,8 (39,40%)	253,2 (37,72%)

médio e do albedo calculado não são significantes. Por outro lado, os resultados referentes às fórmulas

de radiação difusa levando-se em conta mais uma atenuação por cobertura de nuvens, mostrando-se muito diferentes. Percebe-se que, com isso há um aumento da participação da radiação direta em detrimento da radiação difusa.

Na verdade a "Radiação difusa efetiva" considera duplamente o efeito da cobertura de nuvens, uma vez que nas fórmulas utilizadas essas Radiações são funções da Radiação Direta Clara que por sua vez já considera para efeito de cálculo o efeito de cobertura de nuvens.

Um importante fator de Erro no cálculo do balanço de Radiação foi a interpolação de dados de cobertura de nuvens, como conseqüência da insuficiência desses dados. No entanto, dos dois métodos utilizados aquele que apresentou o menor erro quando se com-

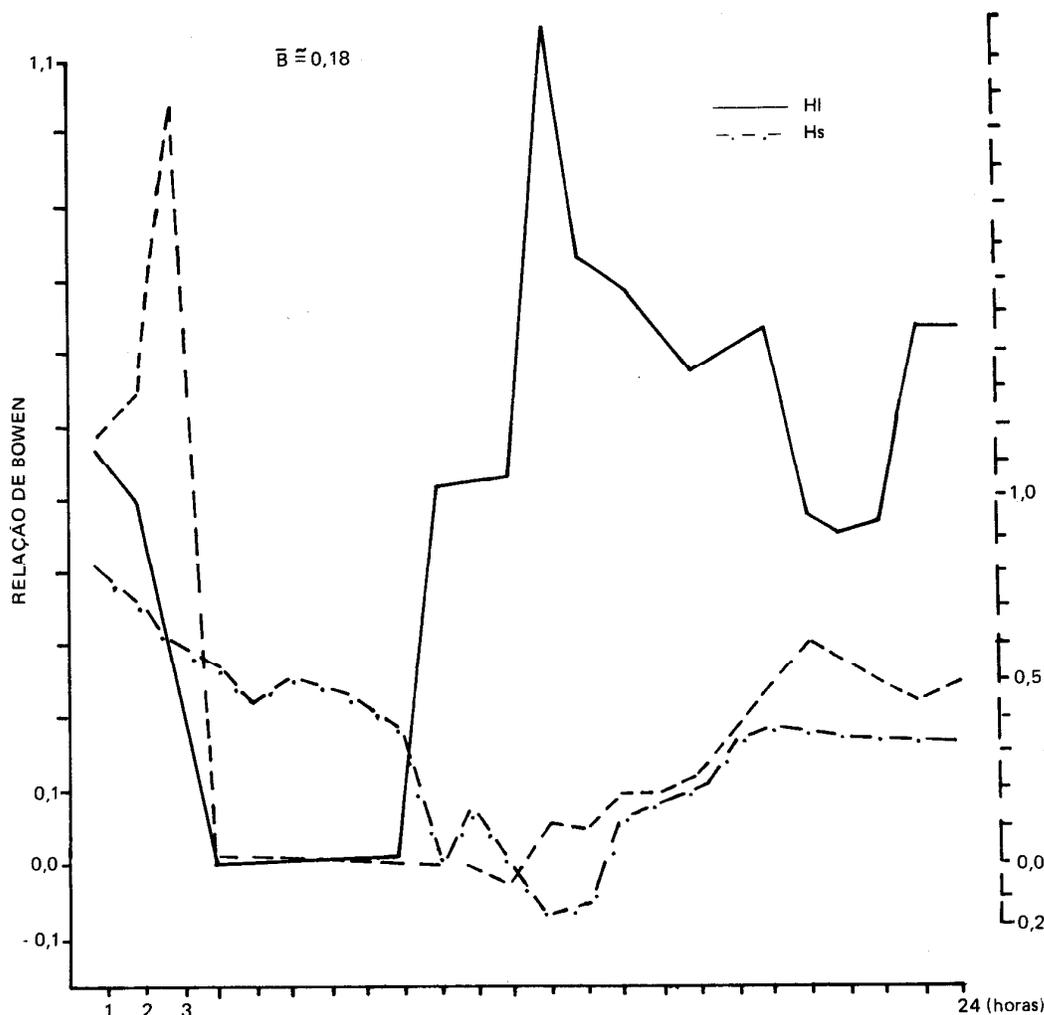


Figura 6

para com os dados observados foi a determinação "intuitiva" da cobertura de nuvens e ainda sem considerar a "Radiação Difusa Efetiva".

A RELAÇÃO DE BOWEN (B)

O ciclo diário da relação de Bowen (B) está contido na figura 6.

Esta relação mostra a proporção existente entre o calor sensível e o calor latente. Portanto, da figura pode-se afirmar que o fluxo de calor latente está quase sempre em maior proporção do que o fluxo de calor sensível.

O valor médio obtido ($B = 0,18$) concorda com os dados propostos por Sverdrup, pois situa-se entre os valores determinados para o Hemisfério Sul (0,1 para baixas latitudes, 0,23 para latitudes de 70°s).

TENSÃO DE CISALHAMENTO DO VENTO

A distribuição horária da tensão de cisalhamento do vento encontra-se na figura 7, juntamente com

a distribuição horária da intensidade do vento. Nota-se a forte correlação existente entre ambos.

Infelizmente não foi possível relacionar a tensão de cisalhamento do vento com a transferência de quantidade de movimento da atmosfera para o Oceano por falta de dados.

A ordem de grandeza dos resultados obtidos concorda com os encontrados por Mascarenhas Jr. (1985) para coeficientes de arrastamento (D) médio sob condições de estabilidade atmosférica:

$$1\text{m/s } U_a < 10\text{m/s}$$

$$6,07 \times 10^{-3} < \zeta < 1,75 \text{ dina/cm}^2.$$

CONCLUSÕES

Houve perda de calor do oceano para a atmosfera da ordem de 13 cal/cm². dia;

De modo geral o oceano ganha mais calor durante o dia e perde mais calor durante a noite;

O termo de maior significância no balanço de calor na interface ar-mar é a Radiação de ondas

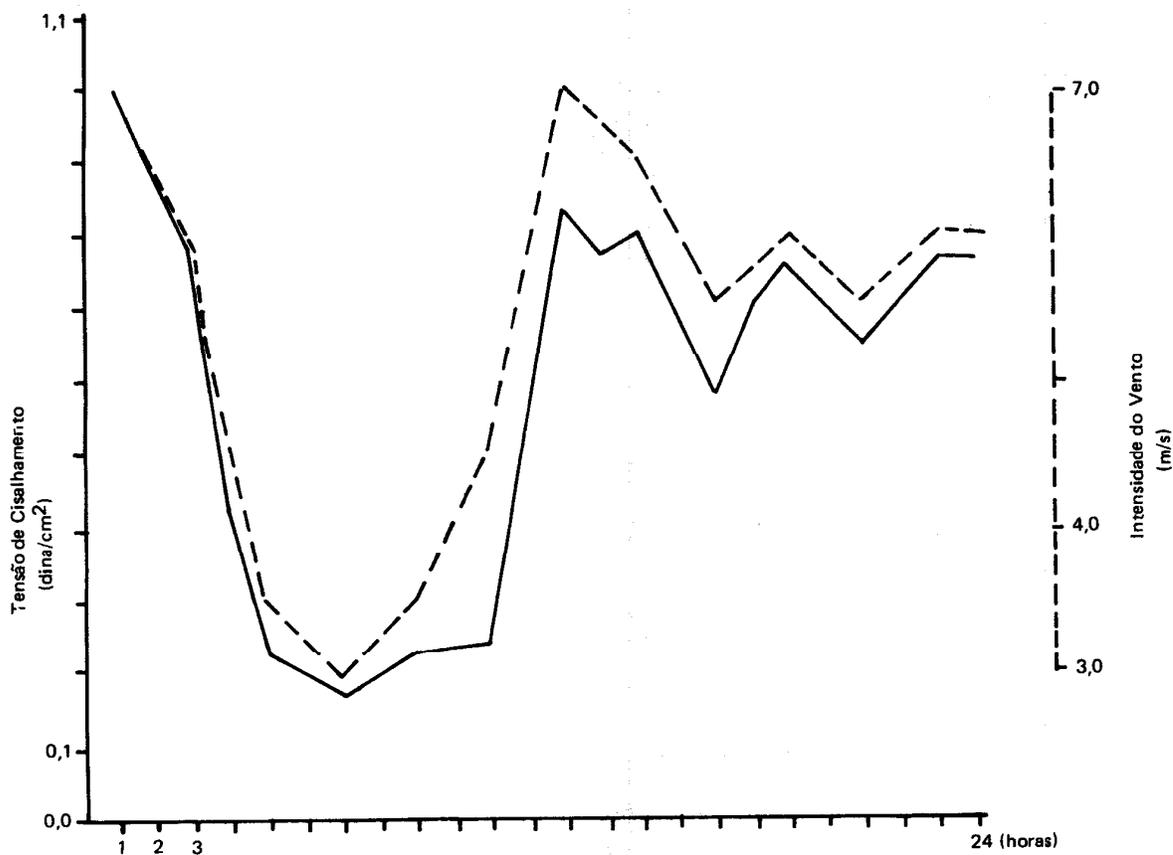


Figura 7

curtas emitidas pelo sol que penetra no oceano (I_0), seguida do fluxo de calor latente (HI), radiação de ondas longas (Q_n), e, por último, o fluxo de calor sensível (H_s).

A relação de Bowen média diária obtida encontra-se no intervalo proposto por Sverdrup para o Hemisfério Sul - entre baixas latitudes e 70°s. O ciclo diário desta relação resulta uma constante supremacia do HI sobre o H_s .

O método para cálculo da radiação solar que mais se aproxima dos dados observados, foi obtido à partir da Radiação Difusa "não efetiva" e não considerando-se a cobertura de nuvens pelo "método intuitivo", sem relacioná-la à insolação.

A ordem de grandezas Resultantes encontrada da tensão de cisalhamento do vento são coerentes com medidas efetuadas por outros autores, considerando-se um coeficiente de arrastamento em função somente da velocidade do vento.

APÊNDICE - 1

ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DE CANANÉIA (IOUSP)
 $u = 25^{\circ}00'57''S$ $L = 047^{\circ}55'35''W$
RELAÇÃO DOS VALORES HORÁRIOS DO DIA 15 DE MARÇO DE 1970

Hora	(°C) Temperatura AR	(%) Umidade Rel. AR	(°C) Temperatura H ₂ O MAR	(mmHg) Pressão ATM.	(mb)
01	22.9	90	25.8	763.6	1018.0
02	22.9	91	25.7	763.4	1017.8
03	23.0	95	25.5	762.9	1017.1
04	22.5	100	25.4	762.8	1017.0
05	22.3	100	25.5	762.8	1017.0
06	21.9	100	25.8	762.8	1017.0
07	21.5	100	25.4	763.2	1017.5

Hora	(°C) Temperatura AR	(%) Umidade Rel. AR	(°C) Temperatura H ₂ O MAR	(mmHg) Pressão ATM	(mb)
08	22.0	100	25.4	763.4	1017.8
09	23.0	100	25.4	763.4	1017.8
10	26.0	81	25.9	763.3	1017.6
11	26.1	80	25.9	763.0	1017.8
12	26.3	82	26.0	762.5	1016.0
13	26.9	81	26.4	761.8	1015.6
14	26.9	82	26.5	761.4	1015.1
15	26.1	85	26.6	760.8	1014.3
16	26.0	85	26.7	760.6	1014.0
17	25.8	85	26.7	760.5	1013.9
18	25.2	85	26.6	760.5	1013.9
19	25.0	87	26.5	760.6	1014.0
20	25.0	89	26.5	760.8	1014.3
21	25.0	89	26.5	760.9	1014.4
22	25.0	89	26.4	761.2	1014.8
23	25.0	88	26.3	761.1	1014.7
24	25.0	89	26.3	761.0	1014.6

Cont. do APÊNDICE 1

APÊNDICE - 2

Hora	Insolação	(Cal/cm ²) Rad. Solar	Hora	(m/s) Vel. Vento
5 - 6	0.0	0.00	0 - 2	7.0
6 - 7	0.0	0.54	2 - 4	6.0
7 - 8	0.0	7.84	4 - 6	3.5
8 - 9	0.0	37.63	6 - 8	3.0
9 - 10	0.7	48.24	8 - 10	3.5
10 - 11	0.9	61.75	10 - 12	4.5
11 - 12	0.9	69.65	12 - 14	7.0
12 - 13	1.0	64.52	14 - 16	6.5
13 - 14	0.8	48.24	16 - 18	5.5
14 - 15	0.8	35.09	18 - 20	6.0
15 - 16	0.8	21.41	20 - 22	5.5
16 - 17	0.4	10.91	22 - 24	6.0
17 - 18	0.0	1.81		
18 - 19	0.0	0.00		

Nebulosidade Parcial (em oitavos)

Hora	Cond. G. Temp.	Visib.	Oit. Tipos Respect.
09	04	97	8 ST
15	02	97	3 ST 2 Ac
21	03	94	6 Sc

Precipitação total do dia 6.2 mm

** Observações:

Temp. ar medida °C

Umidade relativa do ar %

Press. Atm. mm reduzida °OC

Isolação min mod %

Rad. Solar cal/cm²

Vento m/s.