

JOSÉ CARLOS OMETTO

ENGENHEIRO AGRÔNOMO

SERVIÇO DE METEOROLOGIA  
MINISTÉRIO DA AGRICULTURA

ESTUDO DAS RELAÇÕES ENTRE:  
RADIÇÃO SOLAR GLOBAL  
RADIÇÃO LÍQUIDA  
INSOLAÇÃO

Tese para Doutorado apresentada à  
Escola Superior de Agricultura "Luiz  
de Queiroz".

Universidade de São Paulo

PIRACICABA,  
Estado de São Paulo - Brasil  
1968

## A G R A D E C I M E N T O S

- Ao Professor Admar Cervellini, pela orientação geral deste trabalho.
- Ao Professor Nilson Augusto Villa Nova, pelo incentivo e dedicação constantes.
- Aos Professores Eneas Salati, Humberto de Campos, Epaminondas Sansígolo de Barros Ferraz, Klaus Reichardt e Jesus Marden dos Santos, pelas sugestões apresentadas.
- À Cadeira de Engenharia Rural, através dos Professores Justo Moretti Filho e Antonio Sanches de Oliveira, pelas facilidades na obtenção de dados necessários.
- Aos demais colegas e funcionários da 1ª Cadeira Física e Meteorologia da ESALQ, que de uma forma ou de outra concorreram para a realização deste trabalho.
- Ao Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura.
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo.

## C O N T E Ú D O

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA .....	1
2. MATERIAL .....	5
2.1. Heliógrafo .....	5
2.2. Pireliômetro .....	6
2.3. Radiômetro Líquido .....	6
2.4. Dados Coletados .....	7
3. MÉTODO E DADOS OBTIDOS .....	8
3.1. Teoria .....	8
3.1.1. Triângulo Astronômico .....	8
3.1.2. Insolação .....	10
3.1.2.1. Valores de N .....	10
3.1.2.2. Determinação de n .....	10
3.1.3. Radiação Solar Global .....	11
3.1.3.1. Cálculo de $Q_0$ .....	11
3.1.3.2. Determinação de $Q_1$ .....	17
3.1.4. Energia Líquida .....	17
3.2. Análise .....	20
3.2.1. Introdução .....	20
3.2.2. Método de Análise .....	20
3.2.3. Radiação Solar Global e Insolação .....	21

(Continua)

C O N T E Ú D O (Continuação)

	<u>Página</u>
3.2.4. Radiação Líquida e Radiação Solar Global .	21
3.2.5. Radiação Líquida e Insolação .....	21
<b>4. RESULTADOS OBTIDOS</b> .....	<b>22</b>
4.1. Radiação Solar Global em função da Insolação ....	22
4.1.1. 1ª Época: Primavera - Verão .....	22
4.1.2. 2ª Época: Outono - Inverno .....	24
4.2. Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global .....	25
4.2.1. 1ª Época: Primavera - Verão .....	25
4.2.2. 2ª Época: Outono - Inverno .....	26
4.3. Radiação Líquida em função da Insolação .....	27
4.3.1. 1ª Época: Primavera - Verão .....	27
4.3.2. 2ª Época: Outono - Inverno .....	28
<b>5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
5.1. Radiação Solar Global em função da Insolação ....	29
5.2. Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global .....	30
5.3. Radiação Líquida em função da Insolação .....	31
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>33</b>
<b>7. QUADROS</b> .....	<b>35</b>

(Continua)



C O N T E Ú D O (Continuação)

Página

Quadros de I a XII - Valores de Radiação Solar Global na ausência da atmosfera e na superfície do solo, Insolação real e número máximo de horas de brilho solar, Radiação Líquida e predominância de cobertura .....	37
8. FIGURAS .....	49
Figura I - Determinação da curva de regressão de Radiação Solar em função da Insolação para a 1ª época: Primavera - Verão .....	50
Figura II - Determinação da curva de regressão de Radiação Solar Global em função da Insolação para a 2ª época: Outono - Inverno .....	51
Figura III - Determinação da curva de regressão de Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global para a 1ª época: Primavera - Verão .....	52
Figura IV - Determinação da curva de regressão de Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global para a 2ª época: Ou	

(Continua)

C O N T E Ú D O (Continuação)

	<u>Página</u>
tono - Inverno .....	53
Figura V - Determinação da curva de regressão de Radiação Líquida em função da Insola- ção para a 1ª época: Primavera - Ve- rão .....	54
Figura VI - Determinação da curva de regressão de Radiação Líquida em função da Insola- ção para a 2ª época: Outono - Inverno .....	55
9. RESUMO .....	56
10. SUMMARY .....	57
11. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	58

INTRODUÇÃO E REVISÃO DA LITERATURA

---

---

A radiação solar é, incontestavelmente, o mais importante elemento meteorológico. É o fator energético mais importante na circulação da atmosfera, condicionando o tempo e as estações do ano e é a base da nossa possível e organizada vida biológica.

As observações, estudos e considerações sobre o sol vêm-nos desde a antiguidade. A procura de esclarecimentos sobre a natureza da luz e calor advindo daquele astro se reporta às mais antigas datas.

Até meados do século XVII, era crença geral que

a luz se propagava pela emissão de corpúsculos das fontes luminosas. HUYGENS (1670), demonstrou que as leis de reflexão e refração seriam facilmente explicadas se, se admitisse a propagação da luz através de ondas de qualquer natureza. HERSCHELL (1800), colocando diversos termômetros no espectro solar, descobre que o de maior temperatura situa-se ao lado do infra-vermelho, na região invisível. YOUNG (1827) mediu, pela primeira vez, o comprimento de uma onda de luz e no mesmo ano FRESNEL (1827) demonstrou que a propagação retilínea da luz seria facilmente explicada, se fôsse admitida como uma propagação de onda. A propagação, reflexão, polarização das radiações térmicas, foi demonstrada ser igual a das radiações luminosas por AMPÈRE (1835). Mais tarde, MAXWELL (1873) mostrou que um circuito elétrico oscilante, irradiava ondas eletro-magnéticas com velocidade de  $3 \cdot 10^8$  m/s, idênticas à da propagação da luz. Em seguida, HERTZ (1888) conseguiu com um circuito oscilante, produzir ondas eletro-magnéticas extremamente curtas com as mesmas propriedades das ondas luminosas, atribuindo à luz carácter de onda eletro-magnética.

Por outro lado, desenvolveram-se as técnicas de medida da radiação solar. CAMPBELL cria o heliógrafo, que é aperfeiçoado por STOKES, sendo usado até os dias atuais na medida da insolação. Logo depois o interesse de avaliar o poder energético da radiação solar, deu nascimento aos radiômetros. O

bolômetro de ARAGO, os pireliômetros de ABBOUT, POUILLET, ANGSTROM, MOLL, VOLOCHINE, MICHELSON-BÜTNER, LINKE-FEUSSNER, BORREL, SCHENCK, EPPLEY, os actinômetros de VIOLLA, GROVA, ROBITZCH, foram os instrumentos de maior destaque. Nos dias atuais, podemos dizer que os radiômetros de maior uso são, respectivamente, o heliógrafo de CAMPBELL-STOKES, o actinógrafo de ROBITCH e o pireliômetro de EPPLEY, este último sendo considerado um padrão secundário de medida da intensidade da radiação solar.

Sendo os heliógrafos, por força de sua rusticidade e baixo custo relativo, muito mais disseminados do que os actinômetros e pireliômetros, os técnicos em geral viram-se obrigados a estimar a energia solar em função de dados obtidos destes. Os estudos das relações entre radiação solar (energia) e insolação (brilho solar), fizeram-se então necessários. Assim é que ANGSTROM (1924), KIMBALL (1936), BLACK, BONYTHON & PRESCOTT (1954), GLOVER, McCULLOCH (1958), MACRIS (1959), ESTRADA & D'ALBE (1960), CERVellini, SALATI & GODOY (1966), desenvolveram diferentes equações de regressão, ligando estes dois parâmetros. Todas estas equações tiveram o comum propósito de relacionar radiação solar na ausência da atmosfera, na superfície do solo, e insolação.

Posteriormente, os estudos sobre energia solar se orientaram também no sentido de determinar a energia líquida,

ou seja, qual a fração da energia radiante incidente que é realmente fixada por uma superfície exposta. Apareceram, assim, os aparelhos destinados a medir a radiação líquida, tais como os radiômetros líquidos de ANGSTROM, SCHULTZE, GIER & DUNKLE, COURVOISIER, aparelhos delicados, de alta sensibilidade, difícil conservação e calibragem, requerendo conhecimento especializado para manejo e leitura. Sendo também, além ou por causa disto, aparelhos de pouquíssima disseminação, surgiu a necessidade de relacionar a insolação recebida por uma superfície, com sua energia líquida. Os estudos dirigidos neste sentido iriam facilitar sobremaneira as pesquisas sobre radiação líquida, necessária aos processos naturais, tornando-a acessível em tôdas as regiões onde houvesse dados de heliógrafo.

Com o intuito de alcançar êsse objetivo, foi desenvolvido o presente trabalho, no qual é estabelecida, além das equações de Radiação Líquida em função da Insolação, as equações de Radiação Solar Global em função da Insolação e Radiação Líquida em função de Radiação Solar Global, em Piracicaba, localidade que tem como coordenadas geográficas: Latitude  $22^{\circ}42'30,9''$  sul e Longitude  $47^{\circ}38'00''$  oeste, com altitude de 576 metros.

## CAPÍTULO 2

---

---

### MATERIAL

---

---

#### 2.1. Heliógrafo

Utilizamos-nos para registro de insolação, do heliógrafo tipo Campbell-Stokes, preconizado como Standard pela O.M.M. (Organização Meteorológica Mundial), que consta de uma esfera de cristal polido que concentra os raios solares numa fita sensível, a qual é situada em uma concha concêntrica à esfera. Em consequência do movimento relativo do sol, ficam registradas as horas de brilho solar. Em virtude da variação de declinação do sol durante o ano, são usados três diferentes tipos de fitas registradoras.

## 2.2. Pireliômetro

A radiação solar global foi obtida pelo Pireliômetro de Eppley, instrumento construído por "The Eppley Laboratory" de nº de série 2876, modelo de 10 junções, com constante de calibração de  $2,84 \text{ mv/cal. cm}^2 \cdot \text{min.}$

O Pireliômetro de Eppley consta de um bulbo de vidro neutro, que encerra em seu interior de atmosfera rarefeita, um disco perpendicular ao eixo vertical do aparelho, que é composto de dois anéis: um pintado de negro e outro de branco, onde se enrolam as junções "quentes" e "frias", respectivamente. A diferença de temperatura entre as superfícies, determinada pela diferença de seus poderes absorptivos, ocasiona o aparecimento de uma força eletro-motriz termoelétrica, proporcional à energia radiante incidente. No caso presente a d.d.p, foi ampliada e registrada por um potenciômetro tipo "Speedomax", construído pela "Leeds & Northrup Co."

O Pireliômetro de Eppley foi instalado a ..... 17,4 metros de altura, em horizonte completamente aberto, ligado com o sistema de registro por cabos blindados.

## 2.3. Radiômetro Líquido

As medidas da energia líquida foram realizadas com um "Net Exchange Radiometer", idealizado por Gier-Dunkle e



construído pela Beckman & Whitley, com constante de calibração igual a  $0,145 \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{mv}$ .

O elemento sensível deste aparelho é composto de uma série de pares termoelétricos de prata-constantan, enroladas em uma placa suporte. As junções estão dispostas simetricamente na face superior e inferior. Tal placa é recoberta com tinta negra especial, que lhe dá um poder absorptivo muito próximo da unidade. Colocada em posição horizontal e recebendo diferentes quantidades de energia radiante em cada face e em função da diferença de temperatura que resulta, desenvolve-se uma d.d.p. que é proporcional ao fluxo líquido de energia radiante incidente. O efeito da dissipação desigual de calor que poderia existir no elemento sensível, é corrigido por um fluxo de ar, laminar, paralelo às superfícies da placa, impulsionado por um ventilador situado no corpo do aparelho.

O registro dos dados obtidos pelo radiômetro - líquido foi feito por um potenciômetro Philips, de doze pontos, tipo PR 4069 n/∞. As medidas descritas neste trabalho, foram realizadas com a placa a 1,20 m de altura acima do nível do solo.

#### 2.4. Dados Coletados

Os dados coletados de insolação, radiação solar global e energia líquida no período de setembro de 1966 a agosto de 1967, são apresentados nos Quadros de I a XII.

## CAPÍTULO 3

### MÉTODO E DADOS OBTIDOS

#### 3.1. Teoria

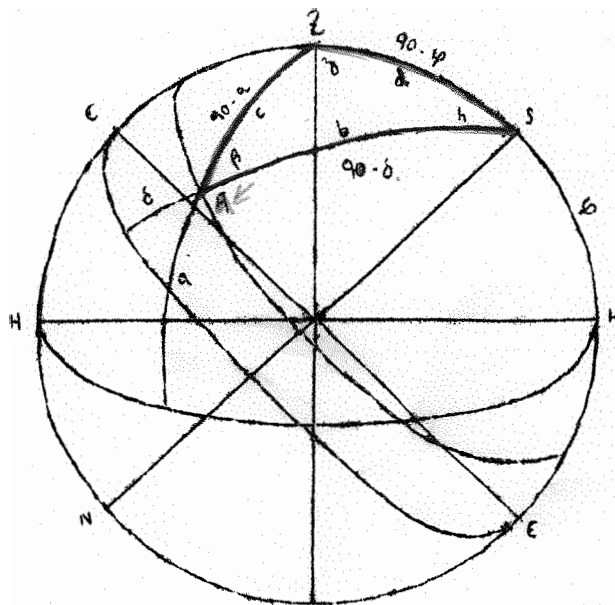
##### 3.1.1. Triângulo Astronômico

O triângulo astronômico ZAS, da Fig. 1, onde Z é o vértice que contém o zenite do observador, A é o vértice - onde se situa o astro e S é o vértice que contém o polo sul celeste, situa-se na esfera celeste. Tem-se então que:

$ZS = 90 - \psi$  onde  $\psi = SH =$  latitude do observador.

$SA = 90 - \delta$  onde  $\delta = Af =$  declinação do astro.

$ZA = 90 - a$  onde,  $a =$  altura do astro.



ZSA = h = ângulo horário.

AZS = Z = ângulo zenital.

ZAS =  $\beta$  = ângulo paralático.

No triângulo astronômico pela trigonometria esférica, temos:

$$\cos Z = \cos d \cdot \cos b + \sin d \cdot \sin b \cdot \cos h$$

$$\cos Z = \cos(90 - \varphi) \cdot \cos(90 - \delta) + \sin(90 - \varphi) (\sin 90 - \delta) \cdot \cos h$$

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h \dots\dots\dots (I)$$

A determinação do coseno do ângulo zenital possibilita-nos a localização instantânea do astro em qualquer momento, de qualquer dia.

### 3.1.2. Insolação

No estudo da insolação é importante determinar-se a razão de insolação, pois é fundamental no presente estudo e é a relação que existe entre o número de horas de brilho solar que houve durante o dia considerado (n), com o número máximo possível de horas de brilho solar neste dia (N), sendo que o denominador da relação é calculado teoricamente, e o numerador é medido pelo heliógrafo.

$$RI = \frac{n}{N}$$

#### 3.1.2.1. Valores de N

No presente trabalho os valores de N foram obtidos no Anuário do Observatório de São Paulo e estão contidos nas Tabelas de I a XII.

#### 3.1.2.2. Determinação de n

O valor que aparece como numerador da razão de insolação compreende as horas de brilho solar que realmente houve naquele dia considerado.

No presente trabalho esse valor foi obtido por intermédio do heliógrafo Campbell-Stokes, durante todos os dias do período considerado e estão contidos nas Tabelas de I a XII.

### 3.1.3. Radiação Solar Global

No presente estudo da radiação solar é importante determinar a relação que existe entre a radiação solar global que alcançou a superfície do solo em um dia qualquer ( $Q_1$ ) com a radiação solar que, na ausência da atmosfera, alcançasse a superfície do solo nesse mesmo dia ( $Q_0$ ). Nessa relação,  $Q_0$  foi calculado teoricamente e  $Q_1$  foi medido pelo pireliômetro Eppley.

#### 3.1.3.1. Cálculo de $Q_0$

Suponha-se uma área unitária ( $A_N$ ) na superfície do solo (fig. 2), e a distância  $D$  do sol. Considerando-se o sol uma fonte puntual e uniforme, de intensidade  $J$ , normal à superfície, o fluxo total de energia radiante ( $F$ ) que a superfície receberá na unidade de área e de tempo, supondo-se a ausência da atmosfera será expresso por:

$$F = J \Delta w \dots\dots\dots (1)$$

Sabe-se que o ângulo sólido subtendido pela área  $A_N$  vale:

$$\Delta w = \frac{A_N}{D^2} \dots\dots\dots (2)$$

Substituindo (2) em (1) teremos:

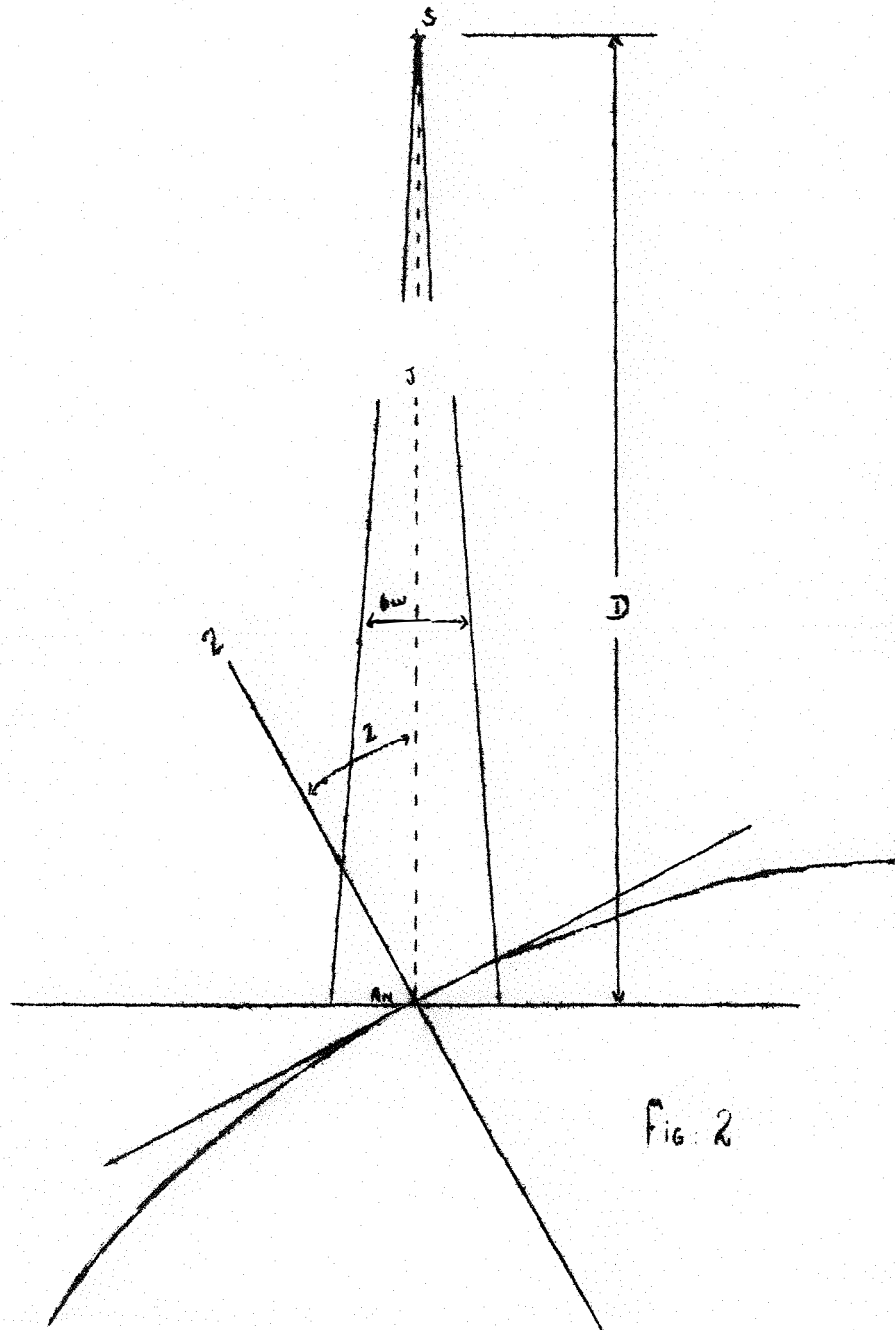


Fig. 2

$$F = J \frac{A_N}{D^2} \dots\dots\dots (3)$$

Se a normal à superfície fizer um ângulo  $Z$  (distância zenital) com a direção da intensidade  $J$  o fluxo por unidade de área e de tempo será:

$$F = J \frac{A_N}{D^2} \cdot \cos Z \dots\dots\dots (4)$$

No caso particular no qual a distância  $D$  for a distância média da Terra ao sol ( $D_m$ ) ( $Z = 0$ ), o fluxo na unidade de área e de tempo será denominado de "constante solar" ( $J_0$ ).

$$J_0 = J \frac{A_N}{D_m^2} \dots\dots\dots (5)$$

A equação (5) ainda pode ser escrita:

$$J = J_0 \frac{D_m^2}{A_N} \dots\dots\dots (6)$$

Substituindo-se (6) em (4), teremos a expressão do Fluxo por unidade de área e de tempo, incluindo também a constante solar ( $J_0$ ).

$$F = J_0 \frac{D_m^2}{D} \cos Z \dots\dots\dots (7)$$

Sendo  $R$  (raio vetor médio) a distância da ter-

ra ao sol, D, expressa em termos da distância média, D<sub>m</sub>, (Unidade astronômica), teremos:

$$R = \frac{D}{D_m} \dots\dots\dots (8)$$

ou ainda,

$$\frac{1}{R} = \frac{D_m}{D} \dots\dots\dots (9)$$

Substituindo-se (9) em (7) teremos:

$$F = \frac{J_o}{R^2} \cos Z \dots\dots\dots (10)$$

Sabendo-se também que por definição,

$$F = \frac{dQ}{dS \cdot dT} \dots\dots\dots (11)$$

ou ainda,

$$\frac{dQ}{dS} = Fdt \dots\dots\dots (12)$$

Substituindo (10) em (12) teremos:

$$Q_o = \frac{Q}{S} = \int_{T_n}^{T_p} Fdt = \int_{T_n}^{T_p} \frac{J_o}{R^2} \cos Z dt \dots\dots\dots (13)$$

onde,



$Q_o$  = Energia em cal/cm<sup>2</sup>/dia incidente em uma superfície horizontal ao nível do solo se não houvesse atmosfera.

$T_p$  = Tempo do pôr do sol.

$T_n$  = Tempo do nascer do sol.

$S$  = Unidade de superfície (cm<sup>2</sup>).

O total de energia solar que alcançaria a Terra na ausência da atmosfera, durante um dia qualquer, será a integração da equação (13) durante o tempo entre o nascer ( $T_n$ ) e o ocaso ( $T_p$ ) do sol.

Lembrando (I),

$$\cos Z = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h$$

e substituindo em (13):

$$Q_o = \int_{T_n}^{T_p} \frac{J_o}{R^2} (\sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos h) dt \dots (14)$$

temos, na equação (14) que:

$J_o$  = constante solar.

$R^2$  = raio vetor.

$\delta$  = declinação do sol.

São valores constantes no dia.

$\varphi$  = latitude do local, é valor determinado.

$h$  = ângulo horário, a única variável no dia.

$$Q_o = \frac{J_o}{R^2} \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta \int_{T_n}^{T_p} dt + \cos \varphi \cos \delta \int_{T_n}^{T_p} \cos h \, dt \dots\dots\dots (15)$$

Substituindo  $dt$  em função de radianos por minuto:

$$\tau = \frac{dH}{dt} = \frac{2\pi}{1440} = \frac{\pi}{720} \quad \text{Então: } dt = \frac{720}{\pi} \cdot dH$$

Substituindo os limites  $T_n$  e  $T_p$  por  $H_n$  e  $H_p$  e lembrando que no meio do dia o ângulo zenital é zero, e que a declinação sendo constante o ângulo horário tem o mesmo valor, no nascer e no ocaso, o qual representa o semi-arco diurno médio,

$$H_p - H_n = 2(H_m - H_n)$$

$$Q_o = \frac{J_o}{R^2} \operatorname{sen} \varphi \operatorname{sen} \delta \int_{H_n}^{H_m} 2 \cdot \frac{720}{\pi} dH + \cos \varphi \cos \delta \int_{H_n}^{H_m} \cos H \cdot 2 \frac{720}{\pi} dH \quad (16)$$

Integrando:

$$Q_o = \frac{J_o}{R^2} \sin\varphi \sin\delta \frac{1440}{\pi} (H_m - H_n) + \cos\varphi \cos\delta \frac{1440}{\pi} \sin(H_m - H_n) \quad (17)$$

$$H_m - H_n = h$$

e finalmente,

$$Q_o = \frac{J_o}{R^2} \cdot \frac{1440}{\pi} (\sin\varphi \sin\delta \cdot h + \cos\varphi \cos\delta \sin h) \dots \quad (18)$$

$Q_o$  = energia solar que alcançaria a Terra na ausência da atmosfera, em um dia qualquer, em cal/cm<sup>2</sup>.

O valor de  $Q_o$  foi obtido por meio da equação acima descrita, para todos os dias do período considerado, no computador eletrônico da Universidade de São Paulo. Os valores diários, do período considerado, encontram-se nas Tabelas de I a XII.

### 3.1.3.2. Determinação de $Q_1$

O numerador na relação ( $Q_1/Q_o$ ), que é o valor da radiação solar global que realmente alcançou a superfície do solo ( $Q_1$ ), foi medido durante todos os dias do período considerado, por intermédio do pireliômetro Eppley e encontram-se nas Tabelas de I a XII.

### 3.1.4. Energia Líquida

O termo Energia Líquida é usada para expressar

a diferença entre radiação que chega à superfície do solo e a radiação que deixa a superfície do solo. O sol, considerado um corpo negro à temperatura de aproximadamente  $6.000^{\circ}\text{K}$ , tem toda sua radiação emitida entre os limites de  $0,15$  a  $4 \mu$  de comprimento de onda, enquanto que a terra e atmosfera com temperatura de aproximadamente  $300^{\circ}\text{K}$ , tem sua total radiação compreendida entre os limites de  $4$  a  $120 \mu$ .

Devido a não superposição das duas regiões, é comum em meteorologia referir-se à radiação solar como onda curta e radiação terrestre como onda longa.

O globo terrestre recebe radiação solar ( $Q_0$ ) da qual uma parcela é absorvida pela atmosfera ( $N$ ) e uma outra parcela é refletida ( $R_f$ ) de volta ao espaço e o restante é absorvida pela terra ( $Ab$ ).

Vamos, inicialmente, considerar a radiação solar que realmente alcançou a superfície em questão ( $Q_1$ ) e vejamos qual o total de energia absorvido:

$$Ab = Q_1 - Q_1 R_f$$

$$Ab = Q_1 (1 - R_f) \dots\dots\dots (19)$$

Essa energia absorvida pela superfície vai aquecê-la e fazer com que emita radiação ( $R_T$ ) em forma de onda longa. Estas radiações, por seu turno, vão provocar um aumento na temperatura da atmosfera, a qual também emitirá em forma também de onda longa ( $R_a$ ).

A radiação líquida é então definida pela expressão:

$$RL = Ab - RT + Ra \dots\dots\dots (20)$$

A emissão radiante total de um corpo é, segundo Stefan-Boltzmann, proporcional à quarta potência de sua temperatura e é expressa:

$$Er = \epsilon_m \sigma T^4 \quad \text{em cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{°K}^{-4}$$

onde,

Er = emissão radiante

$\epsilon_m$  = emissividade do corpo

$\sigma$  = constante de proporcionalidade

T = temperatura em graus Kelvin

Então, temos a radiação terrestre:

$$RT = \epsilon_{ms} \sigma T_s^4 \dots\dots\dots (21)$$

e a radiação atmosférica:

$$Ra = \epsilon_{ma} \sigma T_a^4 \dots\dots\dots (22)$$

E substituindo (19), (21) e (22) em (20) temos:

$$RL = Q_1(1 - R) - \epsilon_{ms} \sigma T_s^4 + \epsilon_{ma} \sigma T_a^4 \quad \text{em cal. cm}^{-2} \cdot \text{min}^{-1} \cdot \text{°K}^{-4}$$

A radiação líquida no presente trabalho foi ob

tida por intermédio do Radiômetro Líquido "Beckman & Whitley" para todos os dias possíveis de serem medidos, no período considerado, e estão contidos nas Tabelas de I a XII.

### 3.2. Análise

#### 3.2.1. Introdução

O estudo completo das relações foi realizado em duas épocas, sendo que a primeira, no período compreendido entre 23 de setembro até 20 de março, isto é, o intervalo entre equinócio de primavera até equinócio de outono, durante as estações de primavera e verão.

A segunda época de estudo foi do período compreendido entre 21 de março até 22 de setembro, dentro do intervalo entre equinócio de outono ao de primavera, abrangendo as estações de outono e inverno.

#### 3.2.2. Método de Análise

Foram empregados os métodos estatísticos de Análise de Regressão Linear, ou seja, a análise de variância e a determinação da equação da reta de regressão correspondente.

### 3.2.3. Radiação Solar Global e Insolação

Para o estudo da curva de regressão entre insolação e radiação solar global, foram tomados como base os valores de razão de insolação ( $n/N$ ), variando-se de centésimo em centésimo e os correspondentes valores médios de Radiação Solar Global.

### 3.2.4. Radiação Líquida e Radiação Solar Global

Na determinação da curva de regressão entre radiação solar global e radiação líquida, os valores de radiação solar global foram tomados como base, tendo por variação entre eles, cinco calorias por centímetro quadrado por dia e os dados da radiação líquida dentro dessa faixa, também são transformados para o termo médio.

### 3.2.5. Radiação Líquida e Insolação

Quando da determinação da curva de regressão entre insolação e radiação líquida, procedeu-se como citado em 3.2.3.

## CAPÍTULO 4

---

---

### RESULTADOS OBTIDOS

---

---

#### 4.1. Radiação Solar Global em função da Insolação

##### 4.1.1. 1ª Época: Primavera - Verão

Na análise da variância dos dados de Radiação Solar Global em função da Insolação, o resultado obtido foi o que se segue:



## Quadro de Análise de Variância

Coef. de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	1,5385	1,5385	1183,46***
Resíduo	74	0,0997	0,0013	---
Total	75	1,6382	---	---

Observa-se pois, um efeito significativo para a regressão linear ao nível de 0,1% de probabilidade. Determinou-se então, a respectiva equação da reta de regressão, conforme se verifica abaixo:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = 0,25 + 0,50 \frac{n}{N}$$

A representação gráfica da reta encontra-se na página 50, como Figura nº 1.

## 4.1.2. 2ª Época: Outono - Inverno

Na análise da variância para a época de Outono-Inverno da Radiação Solar Global em função da Insolação, o resultado obtido foi o que se segue:

Quadro de Análise de Variância

Coef. de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	1,1288	1,1288	513,09 <sup>***</sup>
Resíduo	58	0,1330	0,0022	---
Total	59	1,2618	---	---

Observou-se pois, um efeito significativo para a regressão linear ao nível de 0,1% de probabilidade.

A equação da reta de regressão determinada foi:

$$\frac{Q_1}{Q_0} = 0,28 + 0,51 \frac{n}{N}$$

onde a representação gráfica se encontra na página 51, como Figura nº 2.

## 4.2. Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global

### 4.2.1. 1ª Época: Primavera - Verão

No estudo da análise da variância entre a Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global, o resultado obtido para a época primavera-verão foi:

#### Quadro de Análise de Variância

Coef. de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	251267	251267	392,60 <sup>***</sup>
Resíduo	41	26267	640	---
Total	42	277534	---	---

Observou-se um efeito significativo para a regressão linear ao nível de 0,1% de probabilidade. A determinação da equação da reta de regressão foi:

$$RL = -12 + 0,56 RG$$

onde RL e RG são dados em cal/cm<sup>2</sup>. dia.

A representação gráfica da reta encontra-se na página 52, como Figura nº 3.

#### 4.2.2. 2ª Época: Outono-Inverno

Na época outono-inverno, para o estudo da Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global, a análise da variância acusou o resultado que se segue:

Quadro de Análise de Variância

Coef. de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	176889,	176889	539,52 <sup>***</sup>
Resíduo	58	19016	328	---
Total	59	195905	----	---

Observou-se um efeito significativo para a regressão linear ao nível de 0,1% de probabilidade.

Determinou-se a equação da reta de regressão, a qual foi:

$$RL = -23 + 0,45 RG$$

onde RL e RG são dados em cal/cm<sup>2</sup>. dia.

A representação gráfica da reta encontra-se na página 53, como Figura nº 4.

### 4.3. Radiação Líquida em função da Insolação

#### 4.3.1. 1ª Época: Primavera - Verão

As relações entre Radiação Líquida e Insolação foram analisadas para a época de primavera-verão, onde a análise de variância acusou o resultado abaixo:

Quadro de Análise de Variância

Coef. de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	165205	165205	91,23 <sup>***</sup>
Resíduo	51	92353	1810	---
Total	52	257558	---	---

Um efeito significativo para a regressão linear ao nível de 0,1% de probabilidade foi encontrado.

A equação da reta de regressão foi determinada conforme se verifica:

$$RL = 164 + 198 n/N$$

onde RL é dado em cal/cm<sup>2</sup>. dia.

A representação gráfica da reta encontra-se na página 54, como Figura nº 5.

#### 4.3.2. 2ª Época: Outono - Inverno

Na análise de variância para a época de outono-inverno entre a Radiação Líquida em função da Insolação, o resultado obtido foi:

Quadro de Análise de Variância

Coef. de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão Linear	1	54916	54916	67,38 <del>###</del>
Resíduo	50	40750	815	---
Total	51	95666	---	---

Observa-se um efeito significativo para a regressão linear ao nível de 0,1% de probabilidade.

Determinou-se então, a respectiva equação da reta de regressão conforme se verifica abaixo:

$$RL = 66 + 131 \frac{n}{N}$$

A representação gráfica da reta encontra-se na página 55, como Figura nº 6.

## CAPÍTULO 5

---

### INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS

---

#### 5.1. Radiação Solar Global em função da Insolação

Estudando a radiação solar global em função da insolação e calculando a análise da variância, as curvas de regressão encontradas para os dois parâmetros acima citados, não tiveram nas épocas consideradas coeficientes sensivelmente discordantes. A equação da reta para a 1ª época, isto é, Primavera-Verão ( $Q_1/Q_0 = 0,25 + 0,50 n/N$ ), não diferiu da equação da reta para a 2ª época Outono-Inverno ( $Q_1/Q_0 = 0,28 + 0,51 n/N$ ). Explica-se isto pois as análises foram realizadas com valores relativos e não com valores absolutos.

Analisando os coeficientes lineares e angulares, eles não diferiram entre si, então, agrupando as duas equações de regressão, foi encontrada uma terceira equação de regressão que representa as duas épocas.

A equação de regressão representativa para as duas épocas é:  $Q_1/Q_0 = 0,26 + 0,51 n/N$ .

## 5.2. Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global

A análise da variância da Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global, mostrou pelas curvas de regressão encontradas, diferenças entre as duas épocas consideradas. No período determinado como 1ª época, Primavera-Verão, a curva de regressão  $RL = -12 + 0,56 RG$  acusou valores elevados para radiação líquida. Nessa época, o total de energia solar (RG) que alcança o solo é maior, e a predominância em cobertura é de núvens de gênero cúmulus. Esse gênero de núvens têm a base em baixa altitude, grandes proporções e grande número na atmosfera, dificultando com isso a perda pelo conjunto terra-atmosfera de radiação de onda longa, aumentando com isso o balanço de radiação e conseqüentemente fazendo com que a energia líquida disponível também seja aumentada.

No período determinado como 2ª época, isto é,



Outono-Inverno, a curva de regressão  $RL = -23 + 0,45 RG$  acusou valores baixos para radiação líquida, evidenciando o fato de, - além do total de energia solar que alcança o solo ser menor que na 1ª época, o conjunto terra-atmosfera perderem ao espaço circundante, grande parte da radiação de onda longa. Nesse período a predominância de cobertura é de núvens do gênero Cirrus, gênero esse de altitude elevada, espessura reduzida e bastante escasos na atmosfera, fazendo com isso pouca oposição à radiação de onda longa, ocasionando então menor energia líquida disponível.

### 5.3. Radiação Líquida em função da Insolação

Na análise da variância da Radiação Líquida em função da Insolação, as curvas de regressão encontradas têm acen tuadas diferenças entre si, mostrando haver grande diferença entre as épocas consideradas.

No período determinado como 1ª época, que é Primavera-Verão, a equação é:  $RL = 164 + 198 n/N$ . Sendo a radiação líquida disponível, energia, é evidente que os coeficientes de regressão sejam elevados nêsse período de Primavera - Verão, pois as quantidades de radiação solar que alcançam a superfície do solo, devido ao sol se encontrar em posição de declinação máxima para o hemisfério sul, são elevadas.

No período determinado como 2ª época, isto é,

Outono - Inverno, a equação é:  $RL = 66 + 131 n/N$ . Os valores dos coeficientes de regressão são baixos, pois nêsse período o sol tem sua declinação mínima para o hemisfério sul e com isso a quantidade de energia solar que alcança a superfície do solo no ponto considerado é baixa.

## CAPÍTULO 6

---

---

### CONCLUSÕES

---

---

1) No estudo da Radiação Solar Global em função da Insolação, a equação da reta de regressão igual a

$$Q_1/Q_0 = 0,26 + 0,51 n/N$$

é representativa para as duas épocas estudadas.

2) No estudo da Radiação Líquida em função da Radiação Solar Global, embora os coeficientes lineares das equações de regressão encontradas não diferissem entre si, os coeficientes angulares diferiram, onde se conclui que as duas épocas

consideradas não devem ser representadas pela mesma equação de regressão, ou seja, cada época deve ter sua equação de regressão específica.

3) No estudo da Radiação Líquida em função da Insolação, tanto os coeficientes lineares como os angulares das equações de regressão das duas épocas consideradas, diferiram entre si, portanto, as equações das retas de regressão encontradas não devem ser grupadas em uma única, representativa das duas épocas estudadas, e sim cada época ter sua equação de regressão específica.

## CAPÍTULO 7

---

---

### QUADROS

---

---

Nos Quadros que se seguem, encontram-se todos os dados calculados e obtidos, nas respectivas colunas.

$RSNS(Q_1)$  = Radiação Solar ao nível do solo, sendo este valor obtido pelo Pireliômetro Eppley.

$RSAA(Q_0)$  = Radiação Solar na ausência da atmosfera, valor este - calculado.

$Q_1/Q_0$  = Relação entre esses dois parâmetros acima.

$IR(n)$  = Insolação Real. Valor obtido pelo Heliógrafo Campbell-Stokes.

IM(N) = Insolação máxima possível. Valor calculado.

RI(n/N) = Razão de Insolação. Relação entre as duas grandezas acima citadas.

R.L. = Radiação Líquida. Valores obtidos por intermédio do Radiômetro Líquido.

P.C. = Predominância de Cobertura. Considerado somente o gênero de núvens que predominou durante o dia.

Ci = Cirrus

Cs = Cirrustratus

Cc = Cirruscumulus

St = Stratus

Sc = Stratuscumulus

As = Altostratus

Ns = Nimbostratus

Cu = Cumulus

QUADRO I								
			JANEIRO		ANO: 1967			
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	615	1010	0,61	8,9	13,6	0,65	337	Ci-Cu
2	652	1010	0,64	10,3	13,6	0,76	354	Cu-As
3	310	1010	0,31	4,2	13,6	0,31	153	As-Cu
4	453	1009	0,45	7,9	13,6	0,58	---	Sc-As
5	231	1009	0,23	0,7	13,6	0,05	---	St
6	396	1008	0,39	5,0	13,5	0,37	---	St-Sc
7	626	1008	0,62	10,0	13,5	0,74	---	Cu
8	585	1007	0,58	8,7	13,5	0,64	---	Cu
9	365	1006	0,36	5,2	13,5	0,38	---	As-Ns
10	352	1006	0,35	2,7	13,5	0,20	257	Sc
11	310	1005	0,31	0,5	13,5	0,03	---	As
12	266	1004	0,26	1,4	13,5	0,10	---	As-Sc
13	498	1003	0,49	9,0	13,5	0,66	---	Sc
14	509	1002	0,50	7,1	13,5	0,52	---	Sc
15	324	1002	0,32	2,3	13,4	0,17	---	Sc-St
16	391	1001	0,39	5,5	13,4	0,41	---	St-Sc
17	607	1000	0,61	8,5	13,4	0,63	263	Cu
18	486	999	0,48	6,1	13,4	0,45	226	Sc-Cu
19	424	997	0,42	3,7	13,4	0,27	247	Sc
20	248	996	0,25	1,3	13,4	0,10	---	As
21	528	995	0,53	6,6	13,4	0,49	318	Cu
22	466	994	0,47	6,0	13,3	0,45	300	Cu
23	580	992	0,58	9,2	13,3	0,69	305	Cu
24	448	991	0,45	3,9	13,3	0,29	280	Cu
25	653	989	0,66	10,9	13,3	0,82	357	Cs-Cu
26	454	988	0,46	4,8	13,3	0,36	239	Sc-Cu
27	566	986	0,57	9,5	13,3	0,71	293	Cu
28	579	985	0,59	11,7	13,3	0,88	324	Cu
29	519	983	0,53	7,8	13,2	0,59	309	Cu
30	415	981	0,42	4,8	13,2	0,36	188	Sc
31	263	980	0,27	0,3	13,2	0,02	110	As
SOMA	14119	30956	---	184,5	416,0	---	4707	---
MÉDIA	455	999	0,45	5,9	13,4	0,44	277	---

QUADRO II								
			FEVEREIRO			ANO: 1967		
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	236	978	0,24	0,4	13,2	0,03	----	As
2	397	976	0,41	4,0	13,1	0,30	206	Sc
3	411	974	0,42	4,6	13,1	0,35	191	Sc
4	312	972	0,32	1,2	13,1	0,09	----	As
5	274	970	0,28	0,0	13,1	0,00	----	St
6	247	968	0,25	0,3	13,1	0,02	----	St
7	659	965	0,68	10,1	13,1	0,77	----	Cu
8	376	963	0,39	5,5	13,0	0,42	----	Cu
9	452	961	0,47	3,2	13,0	0,25	251	As
10	362	959	0,38	3,3	13,0	0,25	198	Sc
11	520	956	0,54	7,5	13,0	0,58	249	Sc
12	----	954	----	7,4	13,0	0,57	192	Cu
13	477	951	0,50	11,4	12,9	0,88	287	Cu
14	496	949	0,52	7,0	12,9	0,54	242	Cu
15	642	946	0,68	11,2	12,9	0,87	304	Ci
16	323	943	0,34	6,0	12,9	0,46	150	Sc
17	410	941	0,43	5,3	12,9	0,41	----	Sc
18	270	938	0,29	0,7	12,8	0,05	----	As
19	337	935	0,36	0,3	12,8	0,02	184	As
20	227	932	0,24	0,5	12,8	0,04	----	As
21	369	929	0,40	3,9	12,7	0,31	----	As
22	224	926	0,24	1,8	12,7	0,14	----	St
23	401	923	0,43	3,1	12,7	0,24	195	Ac-Ci
24	656	920	0,71	10,3	12,7	0,81	340	Cu
25	539	917	0,59	6,8	12,7	0,53	253	Cu
26	506	914	0,55	7,3	12,6	0,58	242	Cu
27	622	910	0,68	10,3	12,6	0,82	317	Cu
28	567	907	0,62	9,3	12,6	0,74	306	Cu
29	----	----	----	----	----	----	----	---
30	----	----	----	----	----	----	----	---
31	----	----	----	----	----	----	----	---
SOMA	11312	26476	----	142,7	361,0	----	4107	--
MEDIA	419	946	0,44	5,1	12,9	0,39	242	--



QUADRO III								
			MARÇO			ANO: 1967		
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	490	903	0,54	7,9	12,6	0,63	280	Cu
2	576	900	0,64	9,5	12,6	0,75	297	Cu
3	558	897	0,62	8,5	12,5	0,68	275	Cu
4	574	893	0,64	9,2	12,5	0,74	277	Cu
5	400	890	0,45	4,1	12,5	0,33	253	Cu
6	390	886	0,44	5,3	12,5	0,42	247	Sc
7	267	882	0,30	1,2	12,4	0,10	171	Sc-As
8	287	879	0,33	1,8	12,4	0,14	157	Sc-As
9	318	875	0,36	2,5	12,4	0,20	198	Sc
10	469	871	0,54	6,6	12,4	0,53	218	Sc-Cu
11	424	867	0,49	6,8	12,4	0,55	189	St-As
12	388	864	0,45	3,7	12,3	0,30	201	As
13	238	860	0,28	0,5	12,3	0,04	---	St-As
14	251	856	0,29	0,1	12,3	0,01	81	St
15	301	852	0,35	1,3	12,3	0,10	140	As
16	434	848	0,51	6,7	12,2	0,55	---	Sc
17	377	844	0,45	5,1	12,2	0,42	248	Sc
18	231	840	0,27	1,4	12,2	0,11	---	St
19	496	836	0,59	8,4	12,2	0,69	254	Sc
20	586	831	0,70	10,4	12,2	0,85	277	Cu
21	585	827	0,71	9,9	12,1	0,82	271	Cu
22	589	823	0,71	10,1	12,1	0,83	270	Cu
23	564	819	0,69	10,4	12,1	0,86	253	Cu
24	448	815	0,55	7,1	12,0	0,59	244	As
25	391	810	0,48	4,6	12,0	0,38	207	Sc
26	393	806	0,49	5,0	12,0	0,42	177	Sc
27	559	802	0,70	9,3	12,0	0,77	227	Cu
28	543	797	0,68	8,6	12,0	0,72	238	Cu
29	358	793	0,45	3,9	12,0	0,32	---	Sc
30	471	789	0,60	8,5	11,9	0,71	208	Sc
31	483	784	0,61	7,8	11,9	0,65	201	Cu
SOMA	13439	26236	---	186,2	379,5	---	6059	--
MEDIA	433	846	0,51	6,0	12,2	0,49	224	--

QUADRO IV ABRIL ANO: 1967								
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	511	780	0,65	10,3	11,9	0,86	190	Cu
2	525	775	0,68	10,3	11,8	0,87	179	Cu
3	553	771	0,72	9,9	11,8	0,84	215	Ci
4	---	767	---	7,3	11,8	0,62	180	Cu
5	485	762	0,64	9,6	11,8	0,81	163	Cu
6	536	758	0,70	10,5	11,7	0,90	203	Ci
7	526	754	0,70	10,1	11,7	0,86	200	Ci
8	503	749	0,67	8,5	11,7	0,73	198	Ci
9	505	744	0,68	10,0	11,7	0,85	188	Ci
10	484	740	0,65	9,5	11,7	0,81	169	Cs
11	473	736	0,64	8,1	11,6	0,70	210	Sc
12	342	731	0,47	5,0	11,6	0,43	118	Cu
13	458	727	0,63	8,0	11,6	0,69	182	Cu
14	482	722	0,67	9,6	11,6	0,83	197	Cu
15	358	718	0,50	6,7	11,6	0,58	163	As
16	286	714	0,40	1,5	11,5	0,13	---	Sc
17	495	711	0,70	10,1	11,5	0,88	181	Cu
18	499	705	0,71	9,8	11,5	0,85	183	Ci
19	489	701	0,70	10,0	11,5	0,87	173	Ci
20	428	696	0,61	7,5	11,5	0,65	167	Cu
21	382	692	0,55	8,9	11,4	0,78	162	Cu
22	475	688	0,69	9,0	11,4	0,79	164	Ci
23	456	683	0,67	7,6	11,4	0,67	172	Ci
24	169	679	0,25	0,6	11,4	0,05	63	St
25	357	675	0,53	7,0	11,3	0,62	134	Sc
26	408	671	0,61	8,7	11,3	0,77	127	Cu
27	427	667	0,64	8,1	11,3	0,72	153	Cu
28	327	663	0,49	3,1	11,3	0,27	---	Sc
29	291	659	0,44	5,3	11,3	0,47	94	As-Sc
30	406	655	0,62	8,4	11,2	0,75	103	As
31	---	---	---	---	---	---	---	---
SOMA	12636	21493	---	239,0	346,4	---	4631	--
MEDIA	436	716	0,61	7,9	11,5	0,69	165	--

QUADRO V MAIO ANO: 1967								
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	PC
1	445	651	0,68	8,7	11,2	0,78	162	Ci
2	258	647	0,40	4,4	11,2	0,39	89	Cu
3	370	643	0,57	7,9	11,2	0,70	145	Cs
4	442	639	0,69	8,5	11,2	0,76	129	Cu
5	407	635	0,64	7,6	11,2	0,68	136	Ci
6	415	632	0,66	7,9	11,1	0,71	125	Ci
7	420	628	0,67	9,2	11,1	0,83	145	Ci
8	434	624	0,69	9,4	11,1	0,85	143	Cu
9	440	621	0,31	9,6	11,1	0,86	184	Ci
10	434	617	0,70	8,1	11,1	0,73	189	Ci
11	423	614	0,69	8,8	11,0	0,80	196	Cs
12	424	610	0,69	9,0	11,0	0,82	---	Cs
13	353	607	0,58	7,9	11,0	0,72	207	Cu
14	---	604	---	8,6	11,0	0,78	220	Cu
15	374	601	0,62	9,1	11,0	0,83	198	Cu
16	432	598	0,72	8,5	11,0	0,77	175	Cu
17	461	594	0,78	10,5	11,0	0,95	172	Ci
18	413	591	0,70	7,7	10,9	0,71	152	Cu
19	434	588	0,74	8,8	10,9	0,81	134	Cu
20	397	585	0,68	7,3	10,9	0,67	142	Sc
21	416	583	0,71	7,5	10,9	0,69	141	Sc
22	388	580	0,67	5,4	10,9	0,49	150	As
23	409	577	0,71	9,2	10,9	0,84	172	Ci
24	389	575	0,68	9,2	10,9	0,84	133	Ci
25	430	572	0,75	9,4	10,9	0,86	150	Ci
26	406	569	0,71	8,7	10,8	0,80	137	Cs
27	415	567	0,73	9,3	10,8	0,86	138	Cs
28	413	565	0,73	9,2	10,8	0,85	150	Cu
29	277	563	0,49	3,4	10,8	0,31	160	Sc
30	317	560	0,57	5,5	10,8	0,51	125	Sc
31	360	558	0,64	8,4	10,8	0,78	140	Cu
SOMA	11996	18599	---	252,7	340,5	---	4639	--
MEDIA	400	600	0,67	8,1	11,0	0,74	154	--

QUADRO VI JUNHO ANO: 1967								
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	339	557	0,61	7,0	10,8	0,65	150	Cu
2	383	555	0,69	7,0	10,8	0,65	151	Cu
3	166	553	0,30	0,7	10,8	0,06	---	St
4	212	551	0,38	2,1	10,7	0,19	80	As
5	63	550	0,11	0,0	10,7	0,00	---	St
6	65	548	0,12	0,0	10,7	0,00	---	St
7	194	547	0,35	0,0	10,7	0,00	50	As
8	310	545	0,57	5,6	10,7	0,52	119	Sc
9	428	544	0,79	8,4	10,7	0,78	117	Ci
10	88	543	0,16	0,1	10,7	0,01	---	St
11	120	542	0,22	0,6	10,7	0,05	---	St
12	103	541	0,19	0,5	10,7	0,05	---	St
13	150	540	0,28	0,5	10,7	0,05	---	St
14	165	539	0,31	0,0	10,7	0,00	32	St
15	375	538	0,70	8,6	10,7	0,80	122	Ci
16	377	537	0,70	7,3	10,7	0,68	94	Ci
17	400	537	0,74	8,8	10,7	0,82	116	Ci
18	---	537	---	9,2	10,7	0,86	67	Ci
19	399	536	0,74	9,2	10,7	0,86	112	Ci
20	392	536	0,73	9,2	10,7	0,86	116	Ci
21	390	536	0,73	9,1	10,7	0,85	104	Ci
22	395	536	0,74	9,0	10,7	0,84	105	Ci
23	394	536	0,74	9,4	10,7	0,88	105	Ci
24	343	536	0,64	7,4	10,7	0,69	104	Cu
25	220	536	0,41	0,8	10,7	0,07	79	As
26	313	536	0,58	7,1	10,7	0,66	98	Sc
27	241	537	0,45	0,7	10,7	0,06	76	As
28	291	537	0,54	4,7	10,7	0,44	78	Cu
29	300	538	0,56	5,6	10,7	0,52	82	Cu
30	337	538	0,63	7,2	10,7	0,67	---	Cu
31	---	---	---	---	---	---	---	---
SOMA	7953	16239	---	145,8	321,3	---	2157	--
MEDIA	274	541	0,51	4,8	10,7	0,45	98	--

QUADRO VII								
			JULHO		ANO: 1967			
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	315	539	0,58	6,3	10,7	0,59	119	Sc
2	340	540	0,63	6,7	10,7	0,63	---	Sc
3	334	541	0,62	5,3	10,7	0,49	106	Cs
4	336	542	0,62	5,9	10,7	0,55	120	Cu
5	364	543	0,67	8,0	10,7	0,75	114	As
6	375	544	0,70	8,3	10,7	0,77	120	Cs
7	299	546	0,55	4,6	10,7	0,43	89	As
8	325	547	0,59	5,8	10,7	0,54	97	Cu
9	358	549	0,65	7,4	10,7	0,69	143	Cu
10	279	550	0,51	5,8	10,7	0,54	123	Sc
11	75	552	0,13	0,0	10,7	0,00	---	St
12	224	553	0,40	0,8	10,8	0,07	123	St
13	360	555	0,65	7,6	10,8	0,70	122	Sc
14	232	557	0,42	1,7	10,8	0,16	107	Sc
15	235	559	0,42	2,3	10,8	0,21	83	As
16	425	561	0,76	8,3	10,8	0,77	140	Cu
17	411	563	0,73	8,6	10,8	0,79	123	Cu
18	413	565	0,73	9,0	10,8	0,83	149	Ci
19	418	568	0,73	9,4	10,8	0,87	141	Ci
20	426	570	0,75	9,4	10,9	0,87	137	Ci
21	347	572	0,61	5,2	10,9	0,48	130	Sc
22	63	575	0,11	0,0	10,9	0,00	---	St
23	281	577	0,49	6,2	10,9	0,57	124	Sc
24	277	580	0,48	3,2	10,9	0,29	117	Sc
25	351	583	0,60	6,9	10,9	0,63	123	Sc
26	363	586	0,62	8,6	10,9	0,79	127	Cu
27	471	588	0,80	8,7	10,9	0,80	152	Ci
28	426	591	0,72	9,4	11,0	0,85	151	Ci
29	388	594	0,65	9,4	11,0	0,85	150	Ci
30	428	597	0,72	9,5	11,0	0,86	150	Ci
31	425	600	0,71	8,9	11,0	0,81	160	Cs
SOMA	10364	17488	---	1972,2	335,2	---	3540	--
MEDIA	334	564	0,59	6,3	10,8	0,59	126	--

QUADRO VIII								
			AGÔSTO		ANO: 1967			
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	422	603	0,70	9,1	11,0	0,83	159	Ci
2	425	607	0,70	9,0	11,0	0,82	160	Ci
3	417	610	0,68	8,3	11,1	0,75	157	Cs
4	353	613	0,57	5,3	11,1	0,48	128	Sc
5	386	617	0,62	7,8	11,1	0,70	147	Sc
6	379	620	0,61	5,7	11,1	0,51	131	Sc
7	424	624	0,68	9,0	11,1	0,81	163	Ci
8	368	627	0,59	8,5	11,1	0,76	160	Cu
9	401	631	0,63	8,6	11,1	0,77	146	Cu
10	388	634	0,61	5,4	11,1	0,49	134	As
11	415	638	0,65	6,8	11,2	0,61	---	As
12	270	642	0,42	3,1	11,2	0,28	98	As
13	278	645	0,43	2,5	11,2	0,22	101	As
14	394	649	0,61	7,5	11,2	0,67	185	Cs
15	372	653	0,57	8,0	11,2	0,71	176	Cu
16	310	657	0,47	5,5	11,3	0,49	132	As
17	385	661	0,58	8,6	11,3	0,76	164	Ci
18	357	665	0,54	5,0	11,3	0,44	---	Sc
19	461	669	0,69	9,5	11,3	0,84	169	Ci
20	464	673	0,69	9,5	11,4	0,83	---	Ci
21	430	677	0,63	9,3	11,4	0,81	---	Cs
22	416	681	0,61	9,0	11,4	0,79	171	Cs
23	393	685	0,57	9,3	11,4	0,81	163	Cu
24	401	689	0,58	7,5	11,5	0,65	153	Cs
25	442	693	0,64	8,7	11,5	0,76	183	Ci
26	441	697	0,63	7,7	11,5	0,67	188	Cs
27	501	701	0,71	9,2	11,5	0,80	203	Cs
28	452	706	0,64	6,8	11,5	0,59	171	As
29	432	710	0,61	6,9	11,6	0,59	177	As
30	473	714	0,66	8,0	11,6	0,69	204	As
31	458	718	0,64	9,6	11,6	0,83	191	As
SOMA	12508	20409	---	234,7	349,9	---	4314	--
MÉDIA	403	658	0,61	7,5	11,3	0,67	160	--



QUADRO IX								
SETEMBRO								
ANO: 1966								
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	141	722	0,19	0,3	11,6	0,02	---	As
2	29	727	0,04	0,0	11,6	0,00	---	St
3	92	731	0,12	0,0	11,7	0,00	---	St
4	299	735	0,40	3,8	11,7	0,32	---	Sc
5	362	740	0,49	6,4	11,7	0,55	---	Cu
6	471	744	0,63	8,3	11,7	0,71	---	Cu
7	493	748	0,66	10,1	11,8	0,85	225	Cu
8	421	752	0,56	9,3	11,8	0,79	205	Cs
9	386	757	0,51	8,7	11,8	0,74	176	As
10	460	761	0,60	9,0	11,8	0,76	220	Cs
11	502	765	0,65	10,1	11,9	0,85	230	Cs
12	504	769	0,65	10,2	11,9	0,86	230	Cs
13	423	774	0,54	7,3	11,9	0,61	190	As
14	441	778	0,56	8,8	11,9	0,74	198	Ci
15	384	782	0,49	7,7	11,9	0,65	201	As
16	212	786	0,27	0,6	11,9	0,05	86	St
17	410	790	0,52	6,3	12,0	0,52	172	Sc
18	614	794	0,77	11,1	12,0	0,92	255	Ci
19	434	799	0,54	5,9	12,0	0,49	217	As
20	99	803	0,12	0,0	12,1	0,00	52	St
21	548	807	0,68	9,2	12,1	0,76	250	Cs
22	605	811	0,74	10,4	12,1	0,86	272	Cs
23	606	815	0,74	10,7	12,1	0,88	274	Cu
24	576	819	0,70	10,3	12,1	0,85	263	Ci
25	546	823	0,66	10,5	12,2	0,86	208	Ci
26	448	827	0,54	7,8	12,2	0,64	210	As
27	408	831	0,49	5,3	12,2	0,43	197	As
28	53	835	0,06	0,0	12,3	0,00	---	St
29	252	839	0,30	3,2	12,3	0,26	139	As
30	557	843	0,66	9,5	12,3	0,77	271	Cu
31	---	---	---	---	---	---	---	--
SOMA	11776	23508	---	200,8	358,6	---	4741	--
MEDIA	392	784	0,50	6,6	11,9	0,56	206	--

QUADRO X OUTUBRO ANO: 1966								
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	534	847	0,63	9,0	12,3	0,73	295	Cu
2	512	851	0,60	8,8	12,3	0,71	288	Cu
3	385	854	0,45	4,8	12,4	0,39	225	As
4	520	858	0,60	4,1	12,4	0,33	279	Cu
5	530	862	0,61	8,2	12,4	0,66	288	Cu
6	395	866	0,46	4,4	12,4	0,35	240	As
7	294	869	0,34	2,3	12,4	0,18	---	As
8	---	873	---	2,4	12,4	0,19	---	As
9	408	876	0,46	3,8	12,5	0,30	---	As
10	620	880	0,70	11,0	12,5	0,88	340	Cu
11	533	884	0,60	9,8	12,5	0,78	---	Cu
12	351	887	0,39	7,5	12,5	0,60	---	Sc
13	408	891	0,46	5,3	12,6	0,42	253	Sc
14	627	894	0,70	11,0	12,6	0,87	356	Cu
15	616	897	0,69	10,7	12,6	0,85	338	Cs-Cu
16	621	900	0,69	11,3	12,6	0,90	353	Cs
17	301	904	0,33	3,4	12,7	0,27	---	As
18	403	907	0,44	6,7	12,7	0,53	138	Cu
19	580	910	0,64	9,0	12,7	0,71	299	Cu
20	650	913	0,71	11,9	12,7	0,94	326	Cs
21	549	916	0,60	7,6	12,8	0,59	284	As
22	354	919	0,38	3,0	12,8	0,23	---	Sc
23	174	922	0,19	1,3	12,8	0,10	--	St
24	665	925	0,72	11,6	12,8	0,91	317	Cu
25	688	928	0,74	11,7	12,8	0,91	365	Ci
26	677	931	0,73	12,4	12,9	0,96	335	Cs-Cu
27	229	934	0,24	2,4	12,9	0,19	---	Sc
28	186	936	0,20	0,1	12,9	0,01	---	St
29	---	939	---	0,4	12,9	0,03	---	St
30	131	942	0,14	0,0	13,0	0,00	---	St
31	126	944	0,13	0,0	13,0	0,00	---	St
SOMA	13068	27860	---	195,9	391,8	---	5319	--
MÉDIA	451	899	0,50	6,3	12,6	0,50	295	--



QUADRO XI								
			NOVEMBRO			ANO: 1966		
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	297	947	0,31	2,1	13,0	0,16	---	As-Sc
2	394	949	0,41	5,5	13,0	0,42	260	Sc
3	642	952	0,67	5,6	13,0	0,43	297	Sc-Cu
4	634	954	0,66	10,7	13,1	0,82	386	Cu
5	482	956	0,50	7,9	13,1	0,60	310	Cu
6	561	959	0,58	5,5	13,1	0,42	342	Cu
7	685	961	0,71	12,1	13,1	0,92	419	Cs-Cu
8	669	963	0,69	10,8	13,1	0,82	432	Cs-Cu
9	586	965	0,61	8,7	13,2	0,66	375	Cu
10	512	967	0,53	7,5	13,2	0,57	367	Sc
11	438	969	0,45	2,4	13,2	0,18	---	Sc
12	228	971	0,23	1,3	13,2	0,10	143	St
13	342	973	0,35	2,8	13,2	0,21	---	St
14	306	975	0,31	1,8	13,2	0,14	207	Sc
15	349	977	0,36	4,9	13,2	0,37	286	Sc
16	509	978	0,52	6,7	13,3	0,50	---	As-Sc
17	357	980	0,36	2,1	13,3	0,16	247	Sc
18	573	982	0,58	9,5	13,3	0,71	324	Cu
19	726	984	0,74	12,6	13,3	0,95	396	Ci
20	705	985	0,71	11,3	13,3	0,85	355	Cu
21	689	987	0,70	11,9	13,3	0,89	344	Cu
22	462	988	0,47	8,4	13,3	0,63	259	Sc
23	664	989	0,67	11,4	13,4	0,85	313	Cu
24	677	991	0,68	12,3	13,4	0,92	354	Cu
25	588	992	0,59	8,6	13,4	0,64	329	Cc-Sc
26	682	993	0,69	12,7	13,4	0,95	364	Ci
27	706	995	0,71	10,4	13,4	0,78	397	Ci
28	655	996	0,66	11,4	13,5	0,84	367	Ci-Cu
29	680	997	0,68	11,4	13,5	0,84	364	Cu
30	---	998	---	12,0	13,5	0,89	360	Cu
31	---	---	---	---	---	---	---	--
SOMA	15798	29274	---	242,3	397,5	---	8891	--
MEDIA	545	976	0,56	8,0	13,2	0,61	329	--

QUADRO XII								
			DEZEMBRO			ANO: 1966		
DIA	RSNS(Q <sub>1</sub> )	RSAA(Q <sub>0</sub> )	Q <sub>1</sub> /Q <sub>0</sub>	IR(n)	IM(N)	RI(n/N)	R.L.	P.C.
1	679	999	0,68	11,9	13,5	0,88	404	Cu
2	634	1000	0,63	10,7	13,5	0,79	372	Cu
3	449	1001	0,45	5,4	13,5	0,40	267	Cu
4	424	1002	0,42	6,1	13,5	0,45	---	Cu
5	482	1003	0,48	6,3	13,5	0,47	---	Cc-As
6	577	1004	0,57	9,5	13,5	0,70	361	As
7	569	1005	0,57	9,4	13,5	0,70	340	Cu
8	527	1005	0,52	8,2	13,5	0,61	322	Cu
9	698	1006	0,69	11,5	13,5	0,85	331	Cu
10	---	1007	---	9,0	13,6	0,66	322	As-Cu
11	---	1007	---	10,8	13,6	0,79	---	As-Cu
12	587	1008	0,58	8,2	13,6	0,60	341	Cu
13	577	1008	0,57	7,9	13,6	0,58	364	As-Sc
14	578	1009	0,57	8,9	13,6	0,65	347	Sc-Cu
15	568	1009	0,56	5,1	13,6	0,37	260	St-Sc
16	431	1010	0,43	4,9	13,6	0,36	---	Sc
17	383	1010	0,38	5,0	13,6	0,37	---	Sc
18	581	1010	0,58	8,2	13,6	0,60	---	As
19	337	1011	0,33	2,5	13,6	0,18	---	St
20	316	1011	0,31	0,3	13,6	0,02	---	St
21	145	1011	0,14	0,0	13,6	0,00	---	St
22	141	1011	0,14	0,0	13,6	0,00	---	St
23	214	1011	0,21	0,0	13,6	0,00	---	St
24	358	1011	0,35	0,3	13,6	0,07	---	St
25	489	1012	0,48	7,1	13,6	0,52	334	Sc-St
26	651	1011	0,65	10,3	13,6	0,76	374	Sc
27	164	1011	0,16	0,0	13,6	0,00	---	St
28	537	1011	0,53	9,7	13,6	0,71	349	Cu
29	630	1011	0,63	12,1	13,6	0,89	343	Cu
30	659	1011	0,65	12,1	13,6	0,89	355	Cu
31	669	1011	0,66	11,2	13,6	0,82	---	Cu
SOMA	14054	31251	---	212,6	420,7	---	5786	--
MEDIA	485	1008	0,48	6,8	13,6	0,50	340	--

CAPÍTULO 8

---

---

FIGURAS

---

---

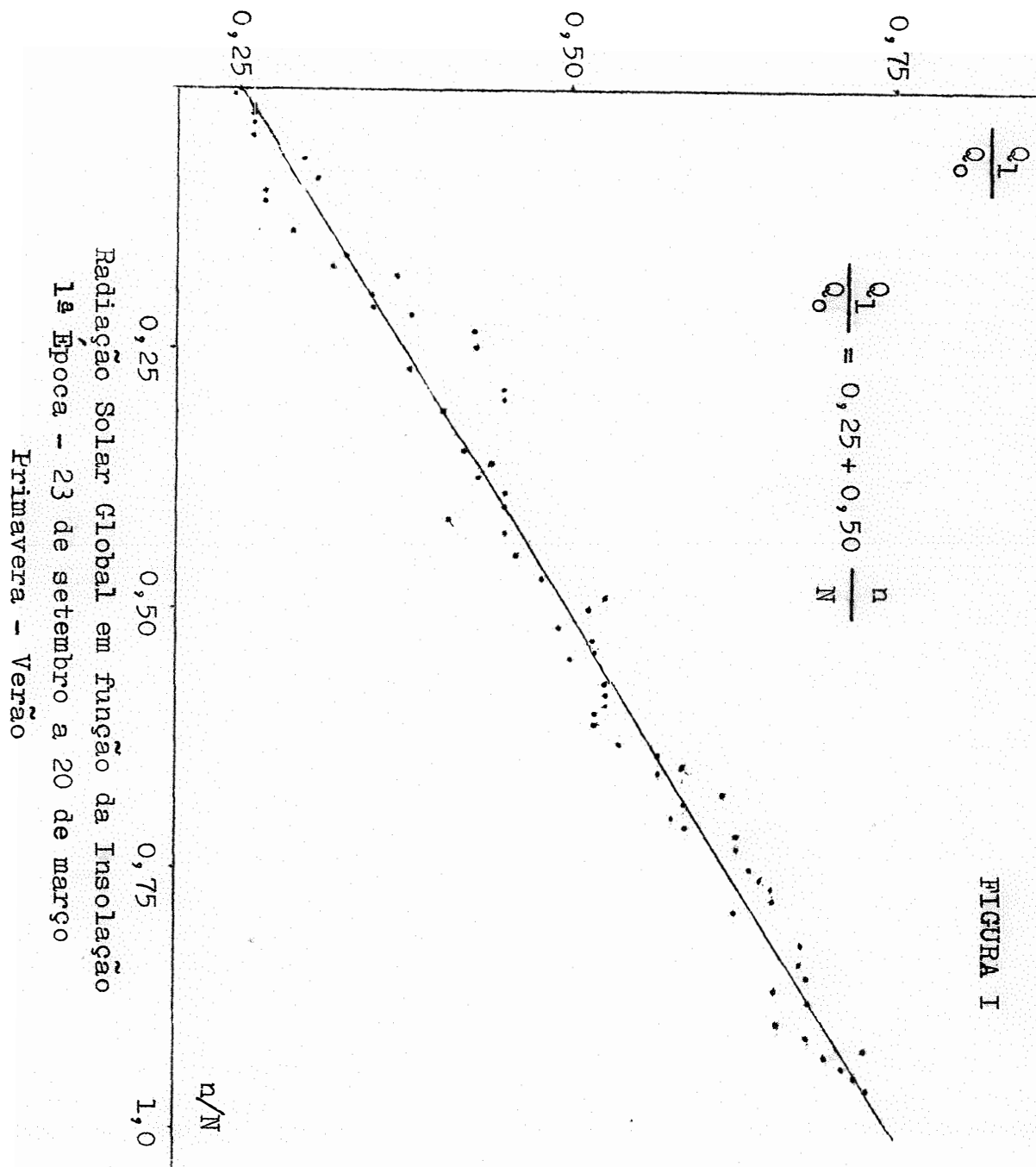


FIGURA I

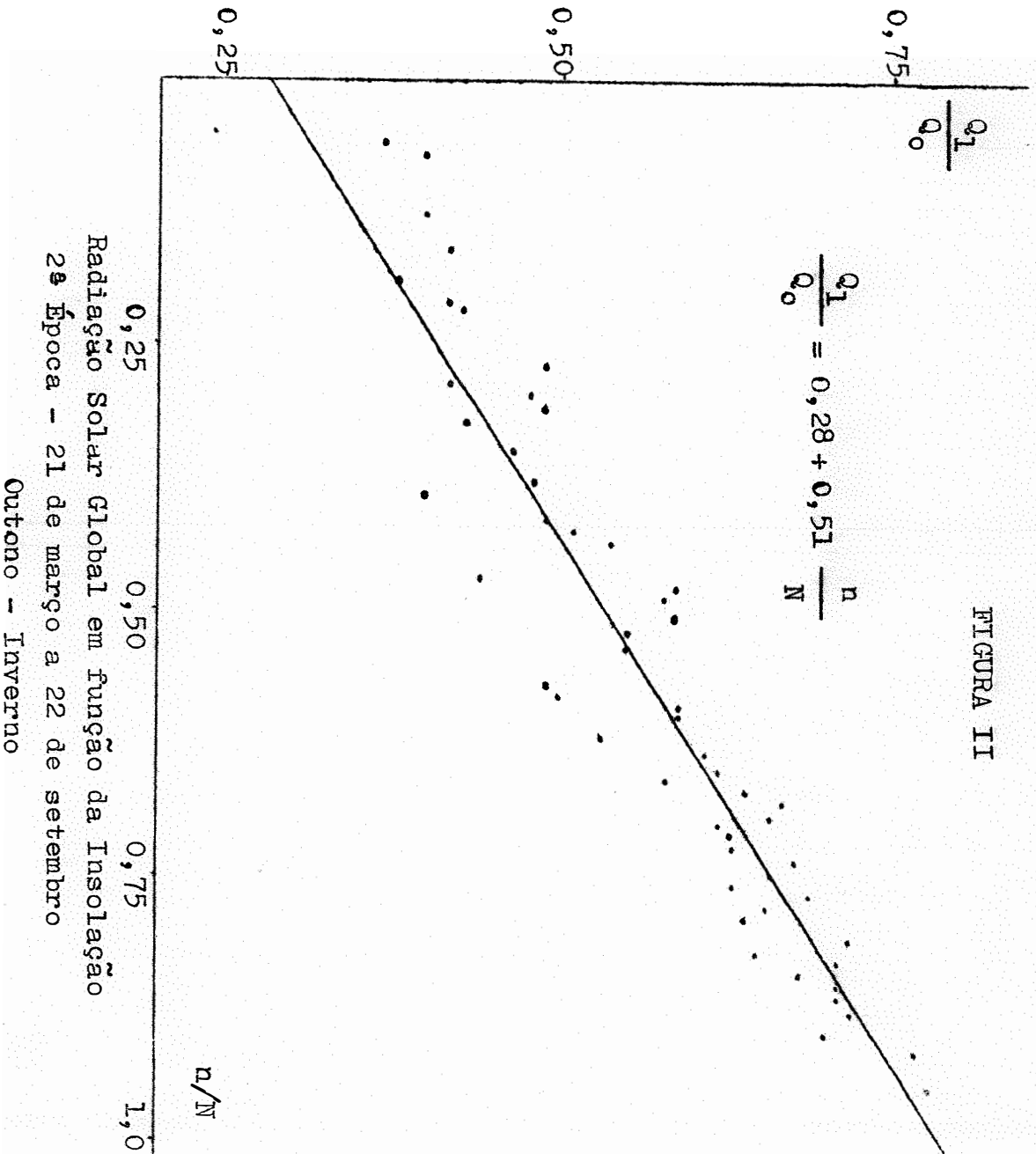


FIGURA II

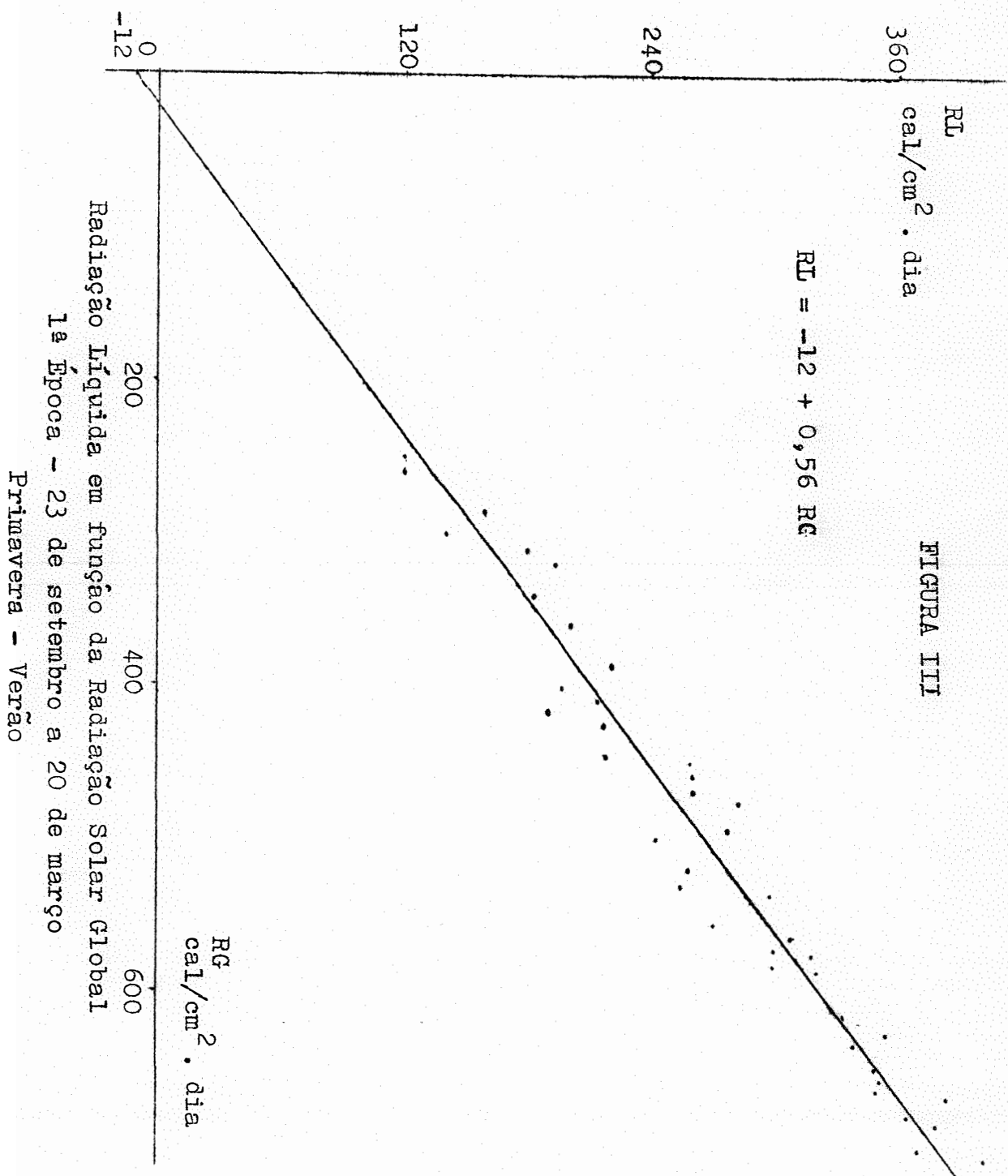


FIGURA III

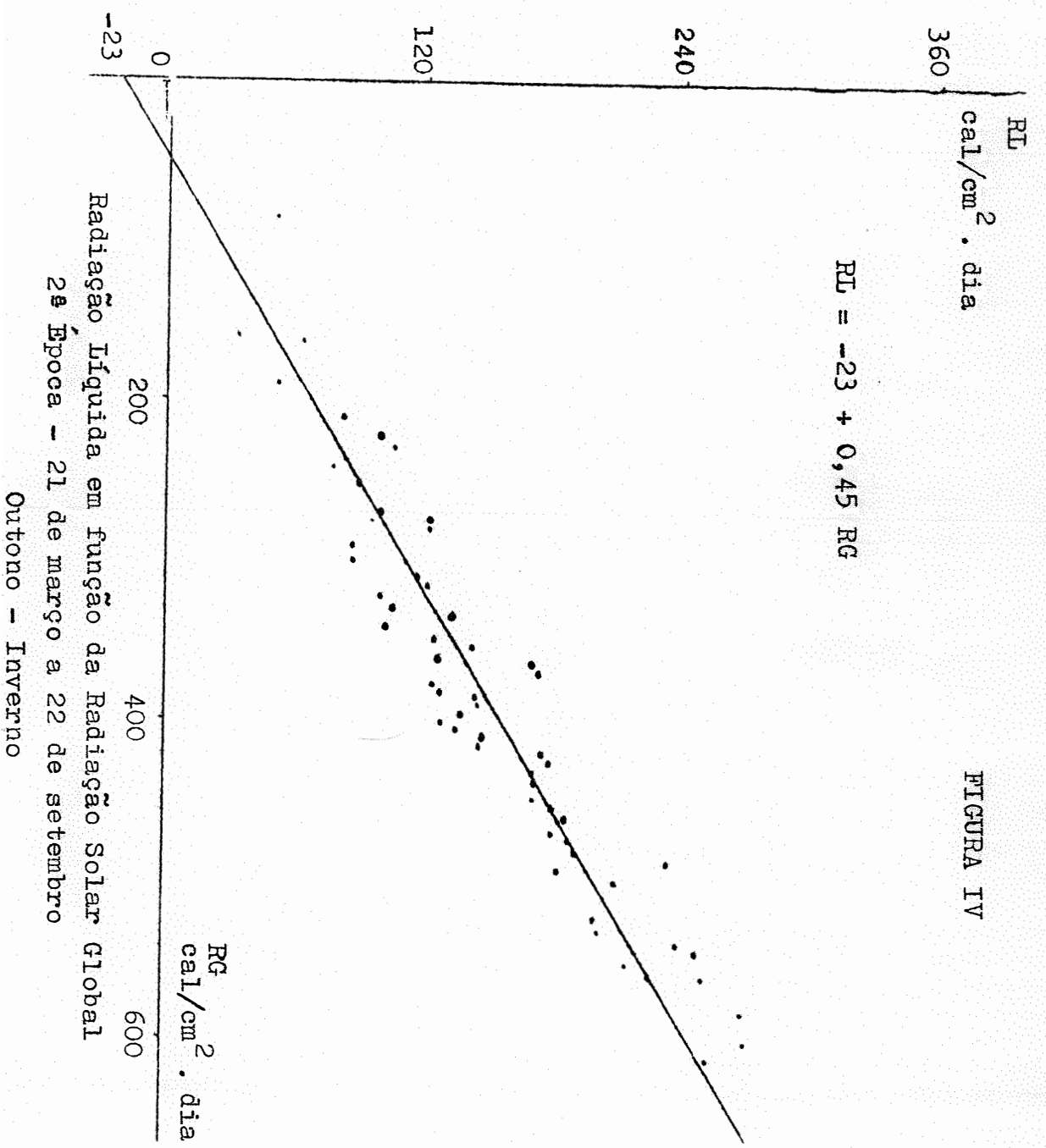
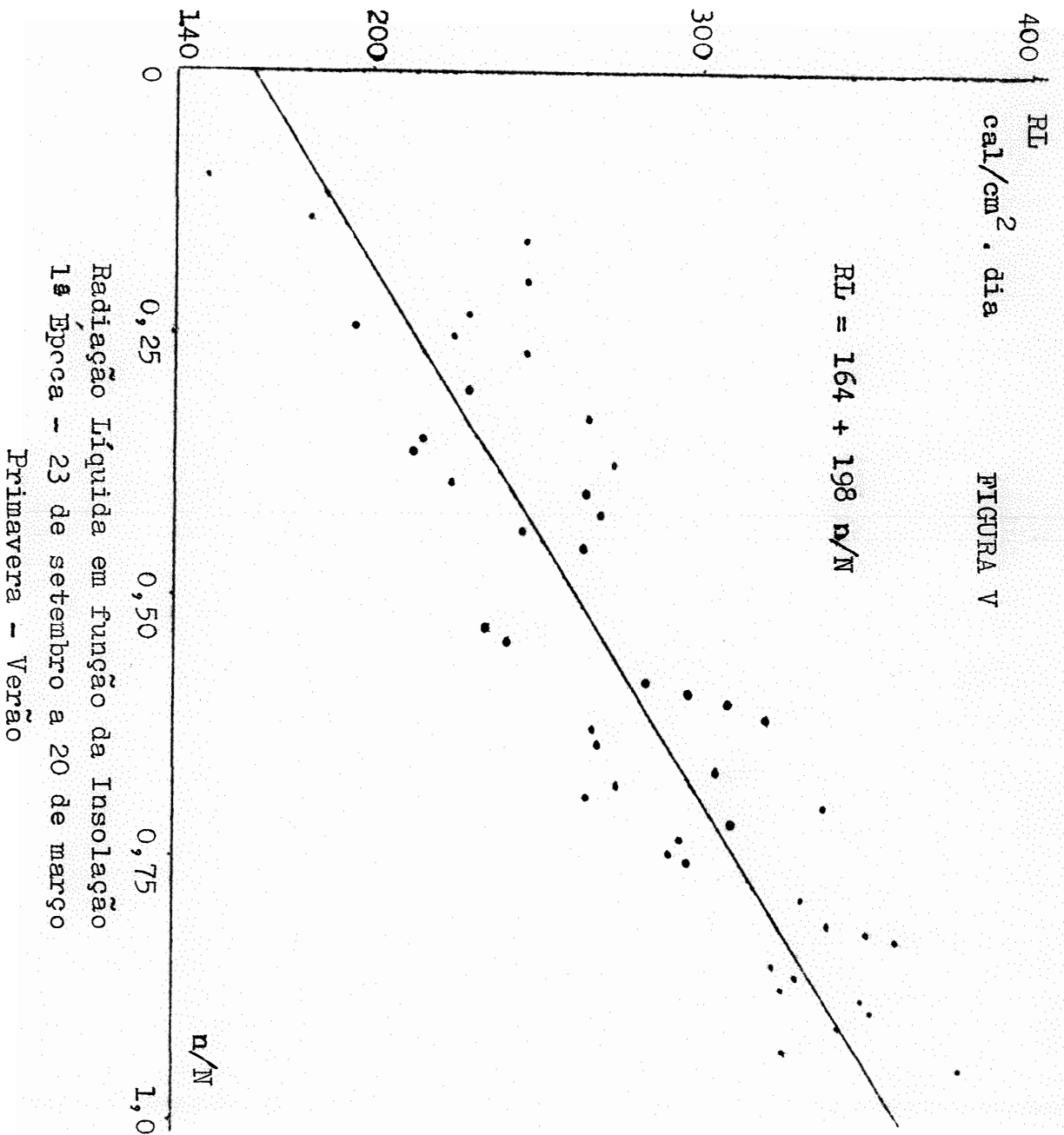
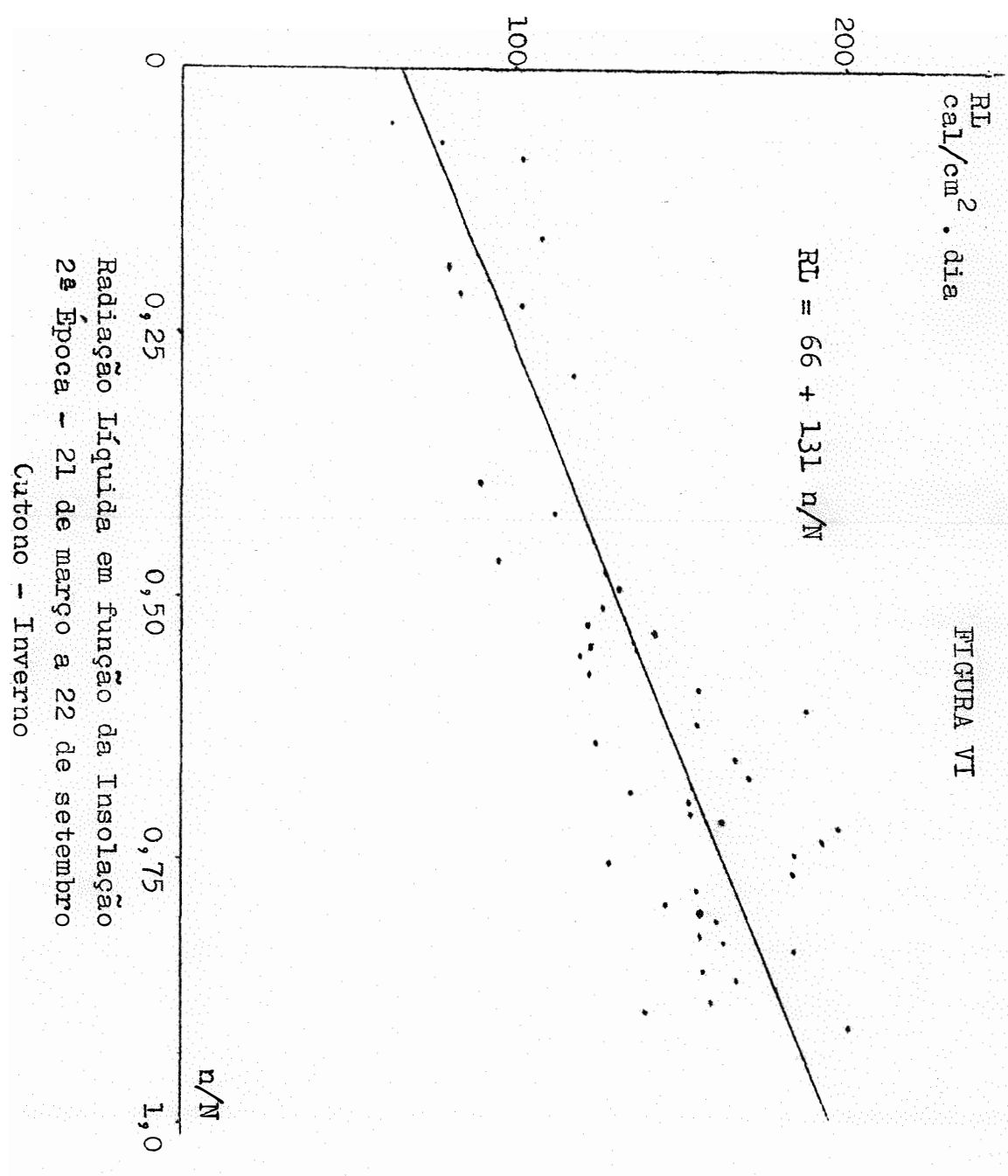


FIGURA IV







CAPÍTULO 9

---

---

RESUMO

---

---

No presente trabalho procurou-se determinar as relações entre Radiação Solar Global, Radiação Líquida e Insolação. Foram escolhidas para o estudo duas épocas distintas, em função da declinação solar.

Os coeficientes das equações de regressão encontrados indicam que para a relação entre Radiação Solar Global e Insolação, as épocas pouco diferiram, na relação entre Radiação Solar Global e Radiação Líquida, foram bastante diferentes as épocas consideradas e na relação entre Radiação Líquida e Insolação, as épocas também mostraram diferenças acentuadas nos coeficientes de regressão.

CAPÍTULO 10

---

---

SUMMARY

---

---

In the present work it was tried to determine the relations among Solar Radiation, Net Radiation and Insolation. Two different periods in function of the solar declination were chosen for this study.

The regression equation coefficients found indicate that regarding to the relation between the Solar Radiation and Insolation the periods differed little, in the relation between Solar Radiation and Net Radiation the periods considered were quite different, and in the relation between Net Radiation and Insolation the periods also showed stressed differences in the regression coefficients.

CAPÍTULO 11

---

---

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

---

---

ANGOT, A. Traité Elementaire de Meteorologie. Gauthier-Villars et Cie. 3<sup>a</sup> edition. Paris, 1916.

ANGSTROM, A. Solar and Terrestrial Radiation. Journal of Royal Meteorology Society 50:121-126, 1924.

ANUÁRIO DO OBSERVATÓRIO DE SÃO PAULO. Instituto Astromômico e Geofísico. Universidade de São Paulo, 1967.

BLACK, J.N., BONYTHON, C.W. & PRESCOTT, J.A. Solar Radiation and the Duration of Sunshine. Quartely Journal of the Royal Met. Soc., 1954.

- BLUNT, D. Notes on Radiation in the Atmosphere. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 57, 1932.
- BRICHAMBAUT, P. Rayonnement Solaire et Echange Radiatifs Naturels. Gauthiers-Villars Editeur, Paris, VI<sup>e</sup>, 1963.
- BUDIKO, M.I. The Heat Balance of the Earth's Surface. Tradução de Strepanova, N.A. U.S. Department of Commerce. Weather Bureau, 1958.
- BYERS, H.R., LANDSBERG, H.E., WEXLER, H., HAURWITZ, B., SPILHAUS, A.F., WILLETT, H.C. & HOUGHTON, H.G. Compendium of Meteorology. Edited by Thomas F. Malone. American Meteorological Society, Boston, Massachusetts, 1951.
- CERVellini, A., SALATI, E. & GODOY, H. Estimativa da Distribuição da Energia Solar no Estado de São Paulo. *Bragantia* 25: 31-40, 1966.
- CHARNEY, J. Radiation. Handbook of Meteorology. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. Section IV, 284-305, New York, 1945.
- DAVIS, J.A. Estimation of Insolation for West Africa. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 91:359, 1965.
- DE VRIES, D.A. The Influence of Irrigation on the Energy Balance and the Climate Near the Ground. *Journal of Meteorology* 16:256-270, 1959.

ESTRADA, I.G.G., D'ALBE, E.M.F. The Use of Campbell-Stokes Sunshine Recorder as an Integrating Actinometer. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society 86:270-272, 1960.

FERRAZ, J.S. Instruções Meteorológicas. L'edition D'art Gandio. Paris, 1914.

GEIGER, R. The Climate Near the Ground. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts, 1965.

GLOVER, J. & McCULLOCH, J.S.G. The Empirical Relation between Solar Radiation and Hours of Bright Sunshine in the High Altitude Tropics. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society 84:56-60, 1958.

————— & ————— The Empirical Relation between Solar Radiation and Hours of Sunshine. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society 84:abril, 1958.

GODSEN, W.L. Further Considerations of Radiative Flux and Divergence in the Surface Boundary Layer. Proceedings of the First Canadian Conference on Micrometeorology. Part I. Department of Transport. Toronto, Ontario, 1967.

GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. Universidade de São Paulo, ESALQ, 1963.

HAND, I.F. Weekly Mean Values of Daily Total Solar and Sky Radiation. U.S. Department of Commerce. Weather Bureau, 1949.

HANDBOOK OF METEOROLOGICAL INSTRUMENTS. Part I. Instruments for Surface Observations. Her Majesty's Stationery Office, London, 1956.

HOUDAILLE, F. Le Soleil et L'agriculteur. Montpellier. Camille Coulet, Librairie, Editeur. Paris, 1893.

JOHNSON, D.S. Progress Report on Radiometer Tests. Silver Hill Observatory, 1956.

KIMBALL, H.H. & HAND, I.F. Biological Effects of Radiation. McGraw-Hill Book Co., New York, 1936.

KONDRAT'YEV, K.Ya. Radiative Heat Exchange in the Atmosphere. Translation edited by Walshaw, C.D. Pergamon Press. First edition, 1965.

LATIMER, J.R. & TRUHLAR. A Survey of the Measurement of Solar and Atmospheric Radiation in Canada. Proceeding of the First Canadian Conference on Micrometeorology. Part I. Department of Transport. Toronto, Ontario, 1967.

LIST, R.J. Smithsonian Meteorological Tables. Sixth Edition. Revised, 1951.

MACRIS, G.J. Solar Energy and Sunshine Hours at Athens, Greece. Monthly Weather Review, 1959.

MONTEITH, J.L. The Reflection of Short-Wave Radiation by Vege-

tation. *Quartely Journal of the Royal Meteorological Society* 85:386-392, 1959.

OCCHIPINTI, G.A. Radiação Solar sôbre uma Superfície Horizontal no Tôpo da Atmosfera. Atas do I Simpósio sôbre Energia Solar. Rio de Janeiro, 1958.

---

Radiação Solar Global e Insolação em Cananéia. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, 1959.

OMETTO, J.C., CERVELLINI, A. & SALATI, E. Estudo da Radiação Solar em Piracicaba (SP). Publicado pela Cadeira de Física e Meteorologia da ESALQ, USP., 1967.

PEGUY, C.P. *Précis de Climatologie*. Masson & Cie. Editeurs. VI edition. Paris, 1961.

ROBINSON, N. *Solar Radiation*. Elsevier Publishing Company, 1966.

SALATI, E., OMETTO, J.C., CERVELLINI, A., VILLA NOVA, N.A. & SANTOS, J.M. Estudo da Determinação de Radiação Solar em Piracicaba (SP). Boletim Técnico. Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1966.

SALATI, E., CERVELLINI, A., VILLA NOVA, N.A., OMETTO, J.C., SANTOS, J.M. & MELLO GODOY, C.R. Estimativa da Radiação Solar que Atinge uma Área Horizontal Unitária, Admitindo-se a Ausência da Atmosfera. Boletim Técnico. Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1967.



- SANTOS, J.M., RATISBONA, L.R. & CARNEIRO, L.M.P. Estimativa da Distribuição Mensal da Radiação Solar no Estado do Rio de Janeiro. Boletim Técnico. Serviço de Meteorologia do Ministério da Agricultura, 1966.
- SHAW, R.H. A Comparison of Solar Radiation and Net Radiation. - Bulletin of the American Meteorological Society, Vol. 37, nº 5, maio de 1956.
- SEARS, F.W. Física Ótica. Ao Livro Técnico. Rio de Janeiro, - Brasil, 1959.
- SMITH, C.W. Solar Radiation and the Duration of Sunshine in Trinidad, West Indies. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society 85:421, 1959.
- STANHILL, G. Radiation Balance of Natural and Agricultural Vegetation. Quartely Journal of the Royal Meteorological Society 92:128, 1966.
- STETSON, H.T. Sunspots in Action. The Ronald Press Company. New York, 1947.
- SUOMI, V.E., FRANSILA, M. & ISLITZER, N.F. An Improved Net-Radiation Instrument. Journal of Meteorology 2:276-282, 1954.
- UBING SCHOLFE, D.W. Short Wave and Net Radiation Under Glass as Compared with Radiation in the Open. Agronomy Journal, Vol. 53, nº 5, 1961.

- VAN WIJK, W.R. Physics of Plant Environment. North-Holland Publishing Company. Amsterdam, 1963.
- VILLA NOVA, N.A., SALATI, E., OMETTO, J.C., SANTOS, J.M. & ORTO-  
LANI, A.A. Estimativa do Balanço de Radiação em Piracicaba  
(SP). Boletim Técnico. Serviço de Meteorologia do Ministério  
da Agricultura, 1966.
- VILLA NOVA, N.A. Estimativa da Evaporação Potencial no Estado -  
de São Paulo. Tese de Doutorado apresentada à ESALQ, De-  
zembro de 1967.
- WILLIAMS, G.P. Heat Balance Over Saturated Spragnum Moss. Pro-  
ceedings of the First Canadian Conference on Micrometeorolo-  
gy. Part I. Department of Transport. Toronto, Ontario,  
1967.