

**BALANÇO DE RADIAÇÃO SOLAR DE ONDAS CURTAS EM
TRÊS DENSIDADES DE PLANTIO DO MILHO**

(Zea mays, L. var. Cargill 501)

CARLOS MIGUEL ROMERO DOMENACK

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Dr. Jesus Marden dos Santos

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agrometeorologia.

P I R A C I C A B A

Estado de São Paulo - Brasil

Fevereiro, 1980

Com todo carinho a meus pais

VICTOR MIGUEL e AURA ELIZABETH

A MINHA HOMENAGEM.

À minha amada esposa CACILDA

a meus queridos filhos:

CARLOS JOSÉ

JAIME ALFREDO

RITA CACILDA

D E D I C O .

AGRADECIMENTOS

Meus mais profundos agradecimentos às seguintes pessoas e entidades:

Ao meu orientador e Coordenador do Curso de Pós Graduação de Agrometeorologia, Dr. Jesus Marden dos Santos pela sua valiosa orientação, críticas e acertadas sugestões aqui apresentadas.

Aos professores do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ-USP pelos seus valiosos ensinamentos e amizade proporcionada.

Ao professor Paulo Roberto de Camargo e Castro, pela sua colaboração no presente trabalho.

À Universidad Nacional Agraria - La Molina - Lima, Perú, pela oportunidade oferecida para minha capacitação.

À Organização Meteorológica Mundial das Nações Unidas pela bolsa de estudos proporcionada a qual foi possível realizar meus estudos.

Aos colegas e amigos Alvaro Jaramillo Robledo e Norberto Vilas Boas da Silva pela sua colaboração desinteressada.

Aos colegas do Curso de Pós-Graduação de Agrometeorologia pela sua atenção particular e clima de amizade frequentemente mantida.

À Sra. Aurea Benedita Michelotto, Secretária do Departamento pela sua colaboração durante o curso.

Às Sras. Celina Magalhães e Luciana Fornari, funcionários das NN.UU. no Rio de Janeiro pelo seu interesse e preocupação em tudo o relacionado com minha bolsa de estudos.

Finalmente, a todos quanto, de uma forma ou de outra, concorreram para a realização deste trabalho.

SIMBOLOGIA UTILIZADA

Os símbolos utilizados neste trabalho, são aqueles recomendados pela Organização Meteorológica Mundial.

- K_{\downarrow} - densidade do fluxo de radiação solar global, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal.
- K_{\uparrow} - densidade do fluxo de radiação solar global, de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer.
- $K_{D\downarrow}$ - densidade do fluxo de radiação solar direta, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal.
- $K_{d\downarrow}$ - densidade do fluxo de radiação solar difusa, de onda curta, no sentido de cima para baixo e que atinge uma superfície plana e horizontal.
- $K_{D\uparrow}$ - densidade do fluxo de radiação solar direta, de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer.
- $K_{d\uparrow}$ - densidade do fluxo de radiação solar difusa de onda curta, no sentido de baixo para cima e que é refletido por uma superfície qualquer.
- K^* - densidade de fluxo do balanço de radiação solar, de onda curta.

- L_{\downarrow} - densidade do fluxo de radiação de onda longa, de cima para baixo (da atmosfera para a superfície).
- L_{\uparrow} - densidade de fluxo de radiação de onda longa, de baixo para cima (da superfície para a atmosfera).
- PI_{\downarrow} - irradiância fotossintética, de cima para baixo, que atinge a cobertura vegetal.
- PI_{\uparrow} - irradiância fotossintética refletida pela cobertura vegetal.
- PI^* - balanço de irradiância fotossintética.
- α - albedo.
- Q - fluxo correspondente ao balanço global de radiação (onda curta e longa).

Os símbolos K_g_{\downarrow} , K_g_{\uparrow} , $K_{Dg_{\downarrow}}$, $K_{Dg_{\uparrow}}$, $K_{dg_{\downarrow}}$, $K_{dg_{\uparrow}}$ e K_g^* , têm os mesmos significados que as definições já mencionadas com a diferença de que se referem à faixa de radiação com comprimentos de onda superiores a $0,7\mu\text{m}$.

K_T_{\downarrow} e $K_{Tg_{\downarrow}}$ correspondem às densidades dos fluxos de radiação de ondas curtas e infra-vermelha próxima respectivamente, que são transmitidas através da cobertura vegetal no sentido de cima para baixo.

Í N D I C E

	<u>Página</u>
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
4. MATERIAIS	13
4.1. Localização do campo experimental	13
4.2. Solo	14
4.3. Adubação	14
4.4. Variedade utilizada	15
4.5. Equipamentos de medida	15
5. MÉTODOS	16
5.1. Práticas culturais	16
5.2. Balanço da radiação solar global de ondas curtas 0,3 a 3,0 μ m	20
5.3. Balanço da irradiância fotossintética	21
5.4. Determinação da altura, área foliar, <u>índi</u> ce de área foliar, matéria seca das plantas e produção de grãos	25
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
7. CONCLUSÕES	71
8. SUMMARY	73
9. LITERATURA CITADA	75

1. RESUMO

O estudo teve como objetivo conhecer o balanço dos fluxos de radiação solar de ondas curtas (0,3 a 3,0 μ m) e dos fluxos de radiação fotossinteticamente ativa (0,3 a 0,7 μ m) relacionando-os ao crescimento do milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501), em três densidades de plantio.

O experimento consistiu dos seguintes tratamentos:

- a) espaçamento de 1,00m x 0,20m com 50.000 plantas/ha
- b) espaçamento de 1,00m x 0,50m x 0,20m com 66.667 plantas/ha
- c) quincôncio, com plantas distanciadas em triângulos equiláteros de lado igual a 0,34m e com uma população de 98.039 plantas/ha.

Para a determinação dos fluxos de radiação uti-

lizaram-se dois piranômetros Eppley, um com filtro RG-8 e outro sem filtro com cúpula transparente WG-7.

Conclui-se que:

- A relação entre a radiação infra-vermelha próxima e a radiação solar global que atingem a cobertura vegetal de uma cultura de milho é da ordem de 46%.
- As maiores porcentagens de radiação solar global e fotossinteticamente ativa retidas pela cobertura vegetal corresponderam aos tratamentos de maior densidade de população com 85 e 96% para as duas faixas do espectro e para o tratamento 1,00m x 0,20m correspondeu uma retenção de 80 e 94%.
- As maiores porcentagens de radiação solar global e fotossinteticamente ativa medidas na superfície do solo corresponderam à parcela de menor densidade de população com 26 e 16% respectivamente e nos tratamentos 1,00m x 0,50m x 0,20m e quincênio corresponderam 21 e 12% para as duas faixas do espectro.
- Os albedos de radiação solar global para os tratamentos quincênio, 1,00m x 0,20m e 1,00m x 0,50m x 0,20m foram: 18, 17 e 16% .
- A amplitude do albedo da radiação solar global no tratamento 1,00m x 0,20m foi de 13 a 26%. Para o tratamento 1,00m x 0,50m x 0,20m observou-se uma variação de 11 a 24% e para o tratamento quincênio de 15 a 23%.
- Para os três tratamentos os menores valores de albedo da radiação solar global corresponderam as horas próximas ao meio do dia, sendo os valores máximos observados de manhã e à tarde.
- As plantas de maior altura (244,3cm) corresponderam ao tratamento com maior população, enquanto que no tratamento de

menor densidade (1,00m x 0,20m) a altura média foi de 221,0cm.

- O tratamento quincôncio apresentou o maior índice de área foliar com 7,2. O tratamento 1,00m x 0,50m x 0,20m apresentou um valor igual a 4,9, sendo de 3,5 o I.A.F. do tratamento 1,00m x 0,20m.
- A maior produção de matéria seca por unidade de área correspondeu ao tratamento quincôncio com 2.798 g/m², seguindo os tratamentos 1,00m x 0,50m x 0,20m com 1.964 g/m² e finalmente o tratamento 1,00m x 0,20m com 1.726 g/m².
- A maior taxa de crescimento do cultivo correspondeu ao tratamento quincôncio com 31,8 g/m²·dia, seguindo os tratamentos 1,00m x 0,50m x 0,20m e 1,00m x 0,20m com 23,3 e 19,6 g/m²·dia respectivamente.

2. INTRODUÇÃO

O homem tem desenvolvido estudos para compreender os mecanismos que controlam o sistema solo-planta-atmosfera, vinculados aos problemas da produtividade biológica das plantas. Estes esforços são motivados pelos perigos que representa uma escassez de alimentos.

A produtividade de uma planta, como a de qualquer outro ecossistema depende de uma série de interrelações complexas entre o ser vivo e o ambiente. Estas interrelações nas plantas, conforme o seu potencial genético, manifesta-se através de processos fisiológicos que repercutirão em seu desenvolvimento.

Muitos estudos indicam que a fotossíntese e a produção de uma cultura, em condições de campo, são limitadas pela quantidade de radiação fotossinteticamente ativa, interceptada pela planta. Tem-se observado, que existem muitas pesquisas relacionadas à densidade e épocas de plantio sem as

determinações da quantidade de energia e de sua distribuição na comunidade vegetal. Muitas vezes resultados contraditórios em uma mesma localidade, para épocas diferentes, poderiam ser explicados pela quantificação da distribuição de energia na cobertura vegetal.

O estudo do balanço de radiação solar em um campo cultivado é importante por estar diretamente relacionado à capacidade metabólica da cultura e às modificações dos elementos do microclima no interior da área plantada. O conhecimento da distribuição dos fluxos da radiação na cobertura vegetal, permite caracterizar a quantidade de energia disponível para os processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na planta.

Neste trabalho, o objetivo principal consistiu no estudo do balanço dos fluxos de radiação solar de ondas curtas em três densidades de plantio de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501). Estudou-se a quantidade, qualidade e distribuição dos fluxos de energia solar que atingem e penetram no cultivo, assim como os fluxos de energia que a planta utiliza em todos os seus estágios de desenvolvimento.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

No ambiente em que as plantas desenvolvem-se, o elemento de maior importância é a radiação solar, que influencia a evapotranspiração e na atividade fotossintética, processos que se encontram intimamente vinculados à produção da cultura. Hales (1927), mencionado por YAO (1977), foi quem assinalou a contribuição da radiação solar no processo de nutrição das plantas.

A energia solar que incide sobre um organismo, segundo EVANS (1966), pode variar em intensidade, composição espectral e distribuição espacial, fazendo com que a caracterização do ambiente luminoso seja muito complexa. No meio em que as plantas se desenvolvem a insolação, o comprimento do dia e os fluxos de radiação são variáveis que dependem da latitude e da época do ano. As variáveis que dependem do cultivo referem-se aos coeficientes de transmissão e absorção para a radiação solar. As determinações das densidades de fluxo da fração PHAR e do índice de área foliar permitem estudar o rendi-

mento primário da cultura, segundo SAEKI (1963), MONTEITH (1965) e SANTOS (1978). A caracterização mostra-se mais complexa desde que se considerem as diferentes faixas do espectro de emissão de radiação solar ao nível do solo e suas relações com a côr, estrutura e idade das folhas, ROSS (1975).

Em uma comunidade vegetal o processo fotossintético apresenta flutuações horárias motivadas pelas variações nos fluxos da PHAR, especialmente nos níveis inferiores da planta, MOSS et alii (1961). No milho, a produção fotossintética, para determinadas faixas do espectro de emissão de radiação solar, aumenta quase linearmente com o fluxo de PHAR, CHANG (1968).

LOPES (1973), trabalhando com milho em Viçosa, observou que a radiação solar global média, durante o período experimental, foi alta e apresentou apreciáveis oscilações nos valores horários e diários, motivadas pela alta nebulosidade na época de chuvas. Este fato provocou uma diminuição na fotossíntese líquida, mais acentuada nos tratamentos de maior população por causa do maior sombreamento.

Em sua pesquisa sobre balanço de radiação solar em milho, SANTOS (1978), faz menção que o processo fotossintético que se desenvolve na cobertura vegetal, não depende apenas da ação da fotossíntese, característica das folhas, mas também da posição das folhas em relação à direção do fluxo da radiação solar incidente, da intensidade dos fluxos de radiação direta e difusa, do sombreamento mútuo entre as folhas, da cobertura do solo e do teor de CO₂ na atmosfera que envolve a cobertura vegetal.

A distribuição dos fluxos de radiação solar global dentro de uma comunidade é, segundo VERHAGEN et alii (1963), uma função da altura do sol. Na maioria das culturas e florestas a medida que diminui o ângulo zenital, os fluxos de radiação direta transmitidos pela cobertura vegetal são maio-

res que os da radiação difusa, ANDERSON (1970).

A penetração e a distribuição da irradiância fotossintética na folhagem de milho são dados essenciais para o entendimento da produção fotossintética da cultura, SINCLAIR e LEMON (1974). Observaram sob condições de céu limpo, a variação de PI no interior da folhagem apresenta dois níveis de máxima irradiância, um desses níveis foi ligeiramente menor que o total de radiação acima da cultura o que representa a ocorrência de "sunflecks" penetrando através da folhagem. O segundo nível de máxima irradiância foi muito menor que o primeiro e correspondia à radiação difusa no interior da cobertura vegetal. A observação de uma área menor com "sunflecks" indica uma melhor simetria e maior uniformidade na distribuição da folhagem o que se obtém no plantio em quincôncio. DUNCAN (1967), já havia assinalado que plantas de milho, igualmente espaçadas em uma área de plantio, apresentavam uma situação de tendência para a ótima interceptação dos fluxos de radiação solar.

A penetração da radiação através da comunidade vegetal depende da quantidade de folhas, do sombreamento mútuo entre as folhas, de sua idade, tamanho, orientação e de seu estado sanitário, ROSS (1975).

Com relação à área foliar WATSON (1952), sustenta que é o mais importante parâmetro morfológico, porque a variação na produção de matéria seca está a ela associada. Chegando a afirmar que um dos principais objetivos no melhoramento genético é o aumento da área foliar da planta, por outro lado também afirma, que em uma cultura bem adubada e irrigada um aumento na área foliar não aumentará necessariamente a produção de matéria seca.

Tanto o ângulo das folhas como a densidade de população afetam a área foliar. A média da área foliar diminui com o aumento da densidade de população no plantio, HOYT e

BRADFIELD (1962).

Muitos estudiosos são de opinião que o conceito da área foliar é um tanto arbitrário pois além das folhas, outros órgãos da planta participam da fotossíntese, e que todos estes órgãos respiram. Afirmam, ainda, que é conveniente considerar a área foliar em consequência de sua importância como principal órgão fotossintético. A eficiência pela qual a folhagem da planta intercepta e usa a radiação solar é sempre um fator limitante no processo fotossintético e na produção de matéria seca, WILLIAMS et alii (1965a, 1965b).

Tem-se desenvolvido conceitos referentes ao IAF ótimo e crítico. Monsi e Saeki (1953) citado por SAEKI (1963) provaram, teoricamente, a existência do IAF ótimo o que foi posteriormente confirmado em forma experimental por DAVIDSON e DONALD (1958). O IAF ótimo corresponde ao ideal, em que a planta adquire seu máximo rendimento. KASANAGA e MONSI (1954) calcularam, para uma comunidade vegetal composta somente por folhas ensolaradas, que o IAF ótimo é 3, e para uma comunidade com folhas sombreadas e ensolaradas o IAF ótimo é 5. Brougham (1958) citado igualmente por Saeki, definiu o IAF crítico como o índice no qual 95% da luz incidente é interceptada pela planta, ao meio dia.

A medida que aumenta o IAF a absorção da energia luminosa e a taxa de produção de matéria seca também aumentam, até um determinado limite, para depois diminuir, STERN et alii (1962); LOOMIS e WILLIAMS (1963) e BLACK (1963). Concordam, também, que o IAF é função da intensidade da radiação solar incidente em proporções adequadas, para cada espécie e variedade da cultura e com a estação do ano.

A taxa de crescimento do cultivo é definida por Watson, segundo citação de WILLIAMS et alii (1965b), como a acumulação de matéria seca para um tempo dado (dw/dt) e para uma área de terreno referida. É um conceito muito útil pois

integra a produção de matéria seca à unidade de área, sendo estas as mais comuns das medidas agronômicas. Williams comenta a opinião de Watson que as diferentes respostas na taxa de crescimento do cultivo com relação ao incremento do IAF deve-se às diferentes maneiras da disposição foliar das espécies.

Em pesquisas desenvolvidas sobre densidade de cultivos com relação a radiação solar AUBERTIN e PETERS (1961), determinaram a radiação líquida em uma cultura de milho, em parcelas com igual densidade de população mas com diferentes espaçamentos entre sulcos (51cm e 102cm). Planificaram o trabalho de tal forma que, quanto maior o espaçamento entre sulcos menor a separação das plantas entre fileiras. Os resultados mostraram que a radiação líquida no tratamento de 102cm entre sulcos, foi maior tanto sobre como sob o cultivo, mas a energia absorvida pela planta foi maior no tratamento com 51cm entre sulcos. Estas diferenças foram atribuídas à influência da distribuição espacial das plantas e seus hábitos de crescimento. O sombreamento mútuo da própria cobertura vegetal e a aplicação de produtos com propriedades refletivas, originaram um aumento no coeficiente de reflexão da radiação solar, reduzindo a radiação líquida sobre a cultura.

LINVILL e DALE (1975), estudaram os efeitos da radiação líquida de ondas curtas e condições de umidade do solo no crescimento e desenvolvimento do milho, em duas épocas de plantio e duas populações, uma de 42 mil plantas/ha e a outra de 62 mil plantas/ha. Concluíram que não houve uma diferença significativa na radiação líquida, na produção de grãos e na umidade do solo entre as duas populações. O espaçamento mais amplo e de menor população permitiu maior penetração de radiação solar a ser absorvida pelo solo. Conhecendo-se que a densidade de plantio e sua geometria afetam as medidas de radiação líquida em culturas de milho, os autores alertaram para a possibilidade de terem cometido erros pelos seguintes motivos: heterogeneidade da população, calibração instrumen-

tal não precisa, poucas repetições e falta de dados na exigência de água para a cultura.

Tem-se desenvolvido diversos trabalhos sobre produção de matéria seca chegando-se à conclusão que altas densidades de plantas provocam um mútuo sombreamento, que é responsável pela reduzida produção das folhas inferiores. Pode-se aumentar a eficiência da planta se as folhas superiores permitirem a passagem da radiação solar através da folhagem, HOYT e BRADFIELD (1962); VERHAGEN et alii (1963); ALLISON (1964); ALLISON e WATSON (1966); WHIGHAM e WOOLLEY (1974).

Em uma estimativa do potencial de produtividade das culturas, LOOMIS e WILLIAMS (1963), baseados na quantidade total de energia solar que pode ser utilizada pelas plantas, no processo fotossintético e considerando as perdas por albedo, absorção inativa e respiração, chegaram teoricamente a calcular para uma superfície que recebe $500 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$ de radiação solar global a produção de matéria seca orgânica de $71 \text{ g/m}^2 \cdot \text{dia}$. Se os constituintes orgânicos representam 8% do peso seco (aproximadamente $6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{dia}$), o potencial de produtividade será então de $77 \text{ g/m}^2 \cdot \text{dia}$. Na prática a máxima produção de matéria seca encontrada em plantio normal de milho é de $52 \text{ g/m}^2 \cdot \text{dia}$ para um período de trabalho de 12 dias, WILLIAMS et alii (1965a).

Segundo ALVIM e ALVIM (1969), que determinaram a eficiência fotossintética do milho e feijoeiro em diversas populações consorciadas e isoladas, observaram que a taxa de produção de matéria seca aumenta em proporção direta à densidade de plantas atingindo o valor máximo de $57,7 \text{ g/m}^2 \cdot \text{dia}$, na densidade de 100 plantas/ m^2 .

Realizaram-se estudos de laboratório que demonstraram que as plantas podem converter, aproximadamente 10% de energia luminosa incidente em energia química correspondentes a substâncias orgânicas. Na prática tem-se encontrado somen-

te um pouco mais de 2% sob condições ideais. WILLIAMS e JOSEPH (1974) comentam que existem muitas razões para explicar que esta porcentagem é menor que 2% quando se tem: baixa temperatura, baixa eficiência de conversão luminosa, pequena porcentagem da superfície do terreno coberta e baixa umidade no solo.

Geralmente, o peso seco é usado pelos pesquisadores, para definir a produção. Deve-se levar em conta que os principais fatores responsáveis pela produção de matéria seca são a área foliar, a taxa de assimilação líquida e a radiação solar global incidente, MONTEITH (1969).

Tratando-se, especificamente, da produção de matéria seca das espigas DUNGAN et alii (1958), especificam que a produção diminui linearmente em altas densidades de plantio, que é o resultado da baixa produção de carboidratos pela planta, mas a produção aumenta por área cultivada para as populações mais densas. O principal fator causador da diminuição do número, dimensões e produção de espigas por planta é o sombreamento mútuo das plantas, que provêm de um aumento de população, PRINE e SCHRODER (1964); GALVÃO et alii (1969).

O albedo em uma superfície de *Paspalum notatum* não difere grandemente com os valores de albedo conseguidos para as superfícies verdes naturais, sendo o valor médio de 17%, SANTOS (1957).

GRAHAM e KING (1961), determinaram o valor do albedo de uma cobertura de milho, observando que o mesmo varia com a hora do dia, com a idade da planta, com a época do ano e com a umidade do solo. Os coeficientes mais altos são conseguidos nas horas da manhã e nas últimas horas da tarde, sendo portanto menores ao meio dia. Outros estudos mostraram que ocorre um decréscimo no valor do albedo com a diminuição do ângulo zenital de aproximadamente 30% (MONTEITH, 1959; MONTEITH e SZEIC, 1961). O valor médio do albedo em uma cultura de milho é da ordem de 16 a 19% (SANTOS, 1978).

4. MATERIAIS

4.1. Localização do campo experimental

A pesquisa efetuou-se no campo experimental do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, situado a leste do Campus da Escola e com acesso pela rodovia da Usina Monte Alegre.

Segundo o Serviço de Geodésia do Instituto Geográfico as parcelas experimentais estão localizadas nas coordenadas geográficas seguintes.

LATITUDE $22^{\circ} 42' 30''$ Sul
LONGITUDE: $47^{\circ} 38' 00''$ Oeste
ALTITUDE 576m sobre o nível do mar

4.2. Solo

O solo corresponde ao grande grupo de Terra Roxa Estruturada da série Luiz de Queiroz (RANZANI *et alii*, 1966) e apresenta um perfil homogêneo, bastante permeável, com lençol freático localizado a vários metros de profundidade. O pH médio é de 6,1. O teor de carbono orgânico na camada superficial é 1,5% diminuindo com a profundidade até um valor de 0,5% a 165cm. A densidade apresenta-se bastante uniforme, com valor médio de 2,71 g/cm³. A porosidade total varia de 0,484 a 0,562 cm³/cm³ entre as profundidades de 15 e 165cm, segundo REICHARDT *et alii* (1976) e REICHARDT e LIBARDI (1974) que estudaram também as principais características físicas do solo, mostradas na tabela 1.

Tabela 1. Características físicas do solo

Profundidade (cm)	Composição Granulométrica			Classe Textural
	% Argila	% Limo	% Areia	
0 - 30	60	17	23	argila
30 - 60	63	23	14	argila
60 - 90	55	26	19	argila
90 - 120	52	26	22	argila
120 - 150	54	24	22	argila
150 - 180	49	28	23	argila

4.3. Adubação

No plantio foi efetuada uma adubação básica de NPK na seguinte proporção: 8,0 g/m de uréia a 46%; 50,0 g/m de superfosfato simples a 20% e 5,0 g/m de cloreto de potás-

sio a 60%. Aos 40 dias aplicou-se uréia a 46% em cobertura numa quantidade correspondente a 16 g/m.

4.4. Variedade utilizada

Utilizou-se a variedade CARGILL 501, híbrido du plo, precoce, adaptado às condições tropicais, com boa resistência ao acamamento e de boa produção.

4.5. Equipamentos de medida

Os fluxos de radiação $K\downarrow$, $K\uparrow$, $K_g\downarrow$, $K_g\uparrow$, albedo e a radiação solar transmitida através da cobertura vegetal $K_T\downarrow$ e $K_{Tg}\downarrow$, foram obtidas mediante dois piranômetros de precisão de fabricação norteamericana, construídos pela EPPLEY LABORATORY INC., de Newport. O sensor destes instrumentos consiste em uma termopilha de junções múltiplas, protegido por duas hemisferas concêntricas de vidro ótico Schott, polido. A substituição da hemisfera externa por filtros pode ser efetuada facilmente. O piranômetro apresenta compensação elétrica por causa da dependência da sensibilidade em relação à temperatura ambiental.

Um dos piranômetros foi utilizado com uma hemisfera transparente WG-7 que permite a passagem da radiação de comprimentos de onda de 0,285 a 2,800 μ m e o outro com filtro RG-8 que deixa passar a radiação de comprimentos de onda superiores a 0,7 μ m.

Os piranômetros apresentavam as seguintes características técnicas:

Piranômetro com domo WG-7, Nº 11936 F3, com resistência interna de 660 ohms a 24°C e compensação para tempe

raturas entre -20°C a $+40^{\circ}\text{C}$. Comparações realizadas com os padrões de referência forneceram uma resposta de $6,89 \text{ mV/cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$.

Piranômetro com domo RG-8, N^o de série 13566 F₃, com resistência interna de 715 ohms a 25°C e compensação para temperaturas entre -20°C a $+40^{\circ}\text{C}$. As comparações com os padrões de referência forneceram uma resposta de $6,42 \text{ mV/cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$.

Como sistema de aquisição de dados foi usado um potenciômetro portátil N^o 700009, tipo 44228, fabricado pela CAMBRIDGE INSTRUMENT CO., da Inglaterra. A capacidade do potenciômetro é de dois canais, podendo obter-se duas medidas em tempos relativamente curtos, com uma precisão de $\pm 0,1\%$ da leitura realizada ou $5\mu\text{V}$.

A secagem das diferentes partes da planta foi realizada em duas estufas, de marca FANEM e FABBE (modelo 171), ambas com ventilação forçada.

Para a pesagem das amostras da planta e de sementes empregou-se balanças elétricas com aproximação de 10mg e 100mg respectivamente.

A umidade das sementes foi obtida de acordo com a técnica internacional recomendada, empregando-se o divisor Gamet, marca BURROWS, que homogeniza e divide a amostra média, obtendo-se duas repetições.

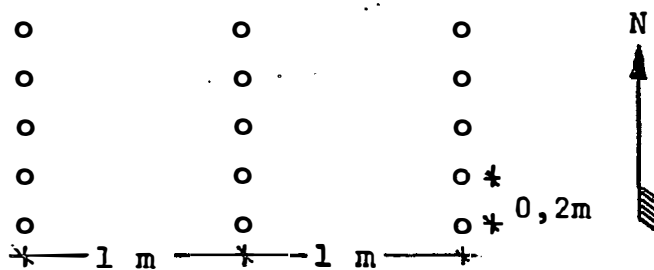
5. MÉTODOS

5.1. Práticas culturais

A pesquisa foi planejada para três tratamentos com diferentes densidades de plantio, as parcelas plantadas eram de dimensões de 20m de comprimento por 10m de largura (200m²), sendo separadas de 1m. Os sulcos foram orientados na direção Norte - Sul. O plantio foi efetuado no dia 24-11-78. Os tratamentos foram os seguintes:

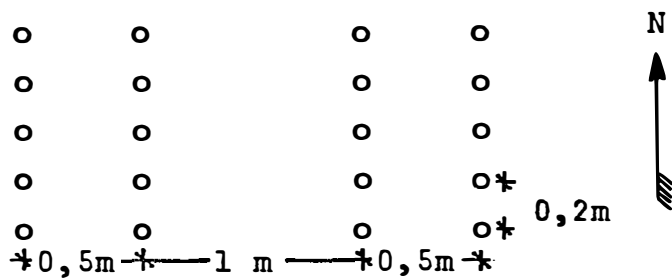
1º Tratamento

Parcela considerada de plantio normal ou testemunha, com separação entre sulcos de 1,00m e entre as plantas de 0,20m. O número total de plantas nos 200m² foi de 1.000 e um número teórico de 50.000 plantas por hectare.



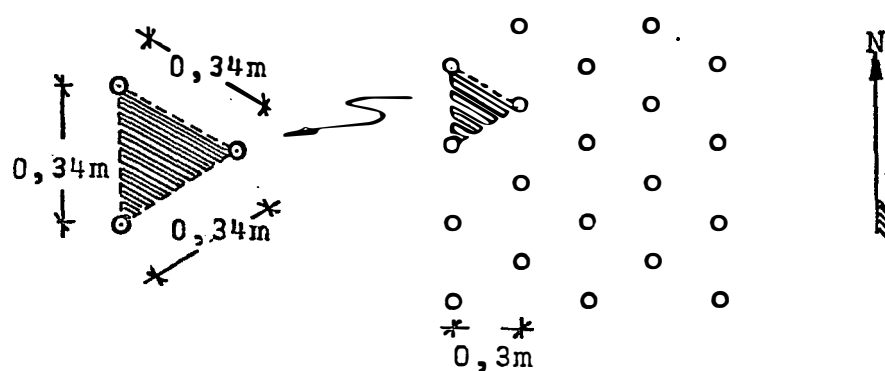
2º Tratamento

Parcela com duas linhas distanciadas uma da outra de 0,50m e este conjunto distanciado 1,00m de um outro de duas linhas, a separação entre plantas era de 0,20m. O número total de plantas nos 200m² foi de 1.333, perfazendo um número teórico de 66.667 plantas por hectare.



3º Tratamento

Na parcela denominada de quincôncio, as plantas distribuíram-se equidistantemente formando triângulos equiláteros de tal forma que por todos os lados as plantas encontravam-se alinhadas. O lado dos triângulos tinha 0,34m. O número total de plantas nos 200m² foi de 1.960 perfazendo um número teórico de 98.039 plantas por hectare.



As parcelas estavam localizadas no campo experimental, de acordo com o esquema da fig. 1.

Em cada parcela planejou-se uma bordadura de 1,00m, não se considerando as plantas situadas dentro destas áreas.

Ao efetuar-se o plantio colocou-se duas sementes por cova, realizando-se o desbaste no dia 18-12-78, deixando-se uma planta por cova. Ao notar-se um ligeiro ataque da lagarta do cartucho, *Spodoptera frugiperda*, efetuou-se uma pulverização com folidol no dia 19-12-78. Durante o experimento foram necessárias duas capinas.

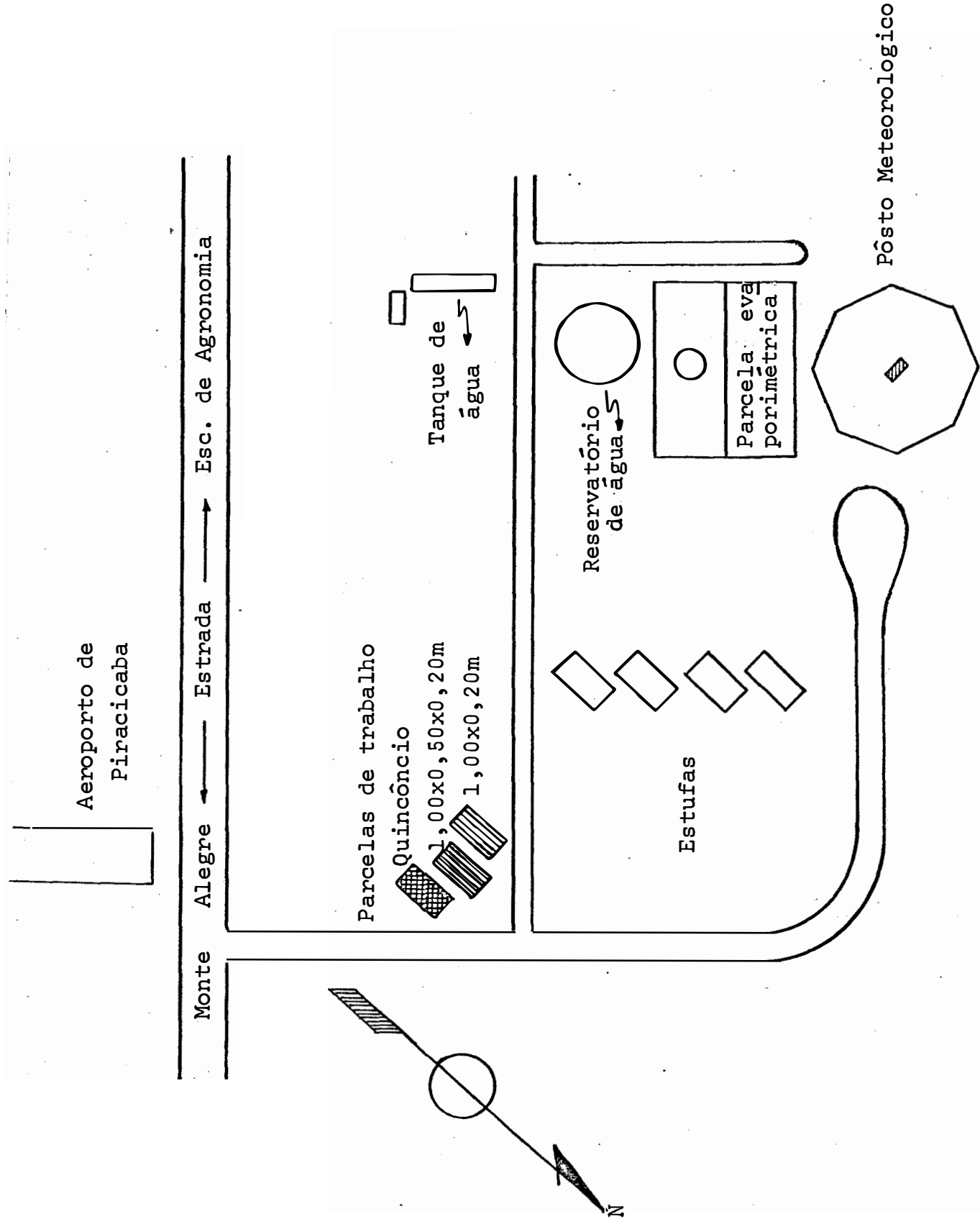


Figura 1.- Campo experimental do Departamento de Física e Meteorologia da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" e localização das parcelas onde foi realizada a pesquisa - 1978 - 1979

5.2. Balanço da radiação solar global de ondas curtas 0,3 a 3,0 μ m

A equação utilizada no cálculo do balanço de radiação solar global de onda curta sobre uma superfície plana e horizontal é a seguinte:

$$Q^* = (1 - \alpha)(K_D\downarrow + K_d\downarrow) + (L\downarrow + L\uparrow) \quad (1)$$

Desde que o balanço de radiação solar global de ondas curtas é dado por:

$$K^* = (1 - \alpha)(K_D\downarrow + K_d\downarrow) \quad (2)$$

e o balanço de radiação de ondas longas igual a:

$$L^* = (L\downarrow - L\uparrow) \quad (3)$$

A equação (1) pode ser assim expressa:

$$Q^* = K^* + L^* \quad (4)$$

Na pesquisa é de interesse a equação (2), que corresponde ao balanço de radiação solar global de ondas curtas. Desenvolvendo esta equação e considerando os albedos específicos para cada um dos fluxos, tem-se:

$$K^* = K_D\downarrow - \alpha_D K_D\downarrow + K_d\downarrow - \alpha_d K_d\downarrow \quad (5)$$

Como

$$\alpha_D K_D\downarrow = K_D\uparrow \quad e \quad (6)$$

$$\alpha_d K_d\downarrow = K_d\uparrow \quad (7)$$

Substituindo (6) e (7) em (5), a expressão fica:

$$K^* = K_{D\downarrow} - K_{D\uparrow} + K_{d\downarrow} - K_{d\uparrow} \quad (8)$$

Agrupando a expressão, segundo os sentidos dos fluxos:

$$K^* = (K_{D\downarrow} + K_{d\downarrow}) - (K_{D\uparrow} + K_{d\uparrow}) \quad (9)$$

Como

$$K\downarrow = K_{D\downarrow} + K_{d\downarrow} \quad e \quad (10)$$

$$K\uparrow = K_{D\uparrow} + K_{d\uparrow} \quad (11)$$

Substituindo as expressões (10) e (11) em (9), tem-se finalmente:

$$K^* = K\downarrow - K\uparrow \quad (12)$$

A equação (12) expressa o balanço de radiação de ondas curtas considerando-se as densidades de fluxos de radiação solar direta e difusa, em forma conjunta, pois o piranômetro utilizado com domo WG-7 vai permitir a passagem de comprimentos de onda (λ) na faixa 0,3 a 3,0 μ m.

5.3. Balanço da irradiância fotossintética

A radiação fotossinteticamente ativa (PHAR) é a faixa que corresponde ao espectro da radiação emitida ou recebida entre os comprimentos de onda de 0,4 - 0,7 μ m. Foi necessário determiná-la para saber como estes fluxos de radiação se comportavam através da cobertura vegetal. A diferença das densidades dos fluxos de radiação solar utilizando piranômetros com e sem filtro, permitiram a estimativa dos valores da irradiância fotossintética (PI), que é a energia radiante

(0,4 - 0,7 μ m) incidente na unidade de tempo sobre a unidade de superfície, SANTOS (1978).

Considerando-se os fluxos de radiação medidos com piranômetros acoplados com filtro RG-8 temos, conforme mostrado na equação (9), a seguinte expressão:

$$K_g^* = (K_{D8\downarrow} + K_{d8\downarrow}) - (K_{D8\uparrow} + K_{d8\uparrow}) \quad (13)$$

o que resulta em:

$$K_g^* = K_{g\downarrow} - K_{g\uparrow} \quad (14)$$

Fazendo-se a diferença das equações (12) e (14) teremos:

$$K^* - K_g^* = (K_{\downarrow} - K_{\uparrow}) - (K_{g\downarrow} - K_{g\uparrow}) \quad (15)$$

Eliminando-se os parênteses:

$$K^* - K_g^* = K_{\downarrow} - K_{\uparrow} - K_{g\downarrow} + K_{g\uparrow} \quad (16)$$

E reagrupando:

$$K - K_g^* = (K_{\downarrow} - K_{g\downarrow}) - (K_{\uparrow} - K_{g\uparrow}) \quad (17)$$

Finalmente:

$$PI^* = PI_{\downarrow} - PI_{\uparrow} \quad (18)$$

Pode-se expressar graficamente os fluxos obtidos pelos piranômetros com domos WG-7 e RG-8, o que é mostrado na fig. 2.

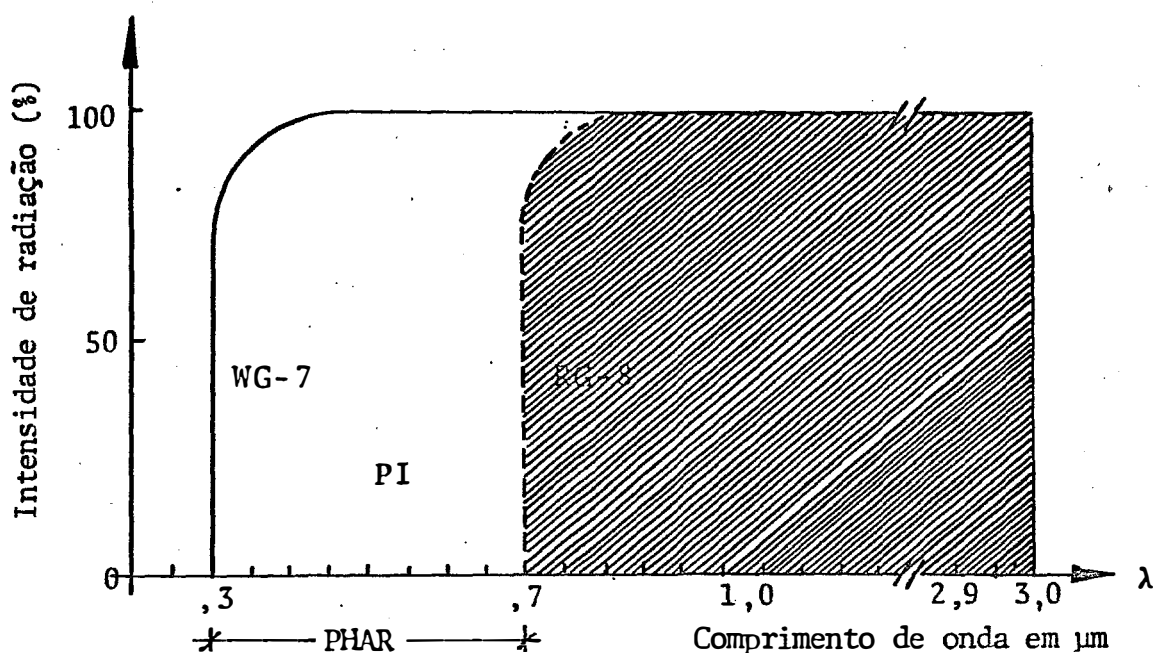


Fig. 2. (—) - Intensidade de radiação obtida pelo piranômetro sem filtro (com domo transparente WG-7), entre os comprimentos de onda (λ) 0,3 a 3,0 μ m.

(-----) - Intensidade de radiação obtida pelo piranômetro com filtro RG-8 que deixa passar somente comprimentos de onda (λ) superiores a 0,7 μ m.

A diferença das áreas fechadas pelas curvas apresentaram, como saldo, uma superfície que corresponde à irradiância fotossintética (PI).

Pelas expressões analíticas deduz-se que foi necessário medir as densidades dos fluxos de radiação sobre a cobertura vegetal, tanto da radiação solar global de ondas curtas de cima para baixo (K_{\downarrow}) e as de sentido contrário (K_{\uparrow}), assim como da radiação com comprimentos de onda superiores de 0,695 μ m também de cima para baixo ($K_{g\downarrow}$) como de baixo para cima ($K_{g\uparrow}$). Os instrumentos encontravam-se aproximadamente a 1,00m sobre as plantas (figs. 3a e 3b).

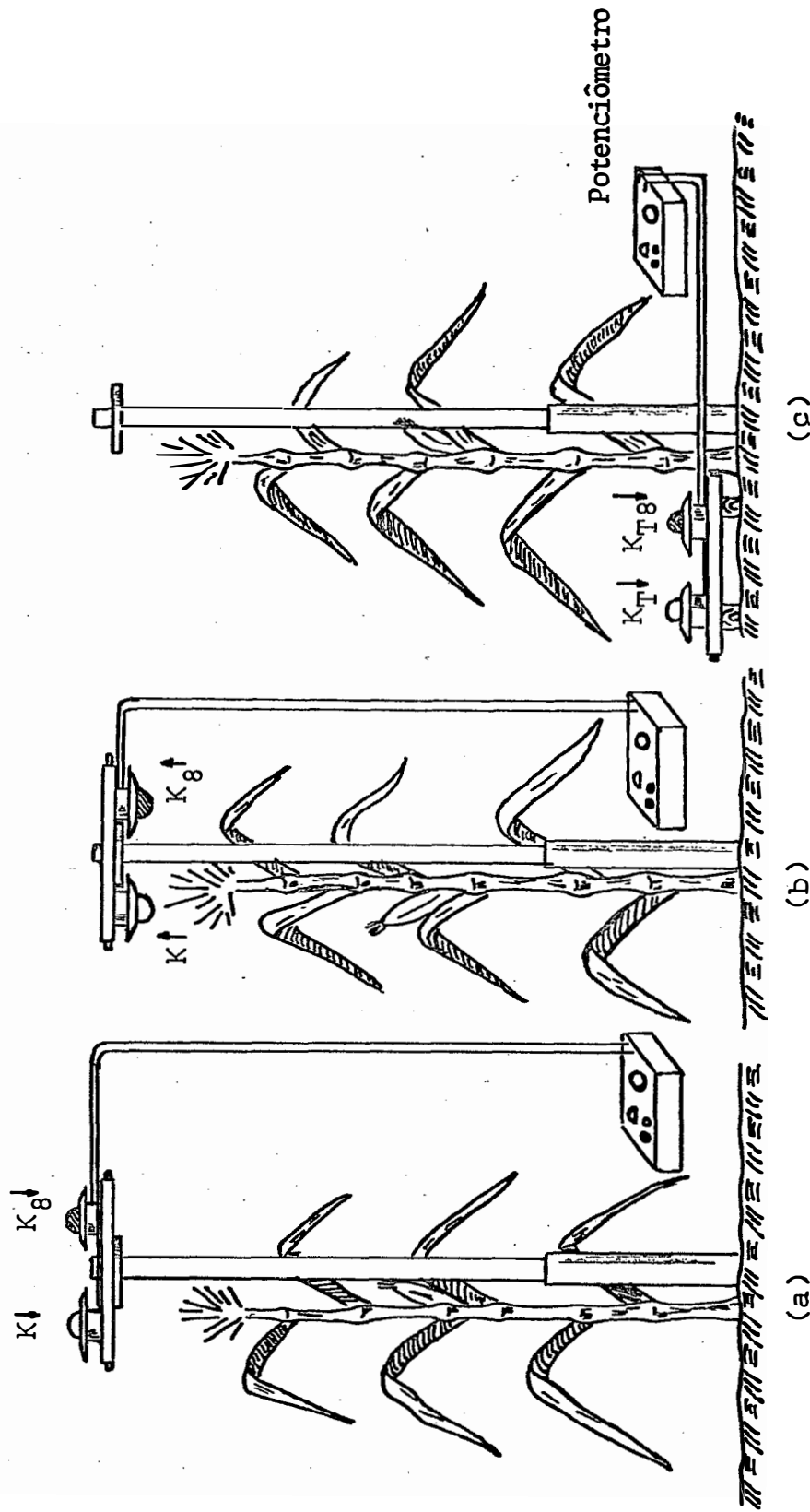


Figura 3.- Esquema dos piranômetros dentro da cultura para a obtenção de radiação solar global e infra-vermelha próximo que chega sobre a planta, $K \downarrow$ e $K_8 \downarrow$ (3a), radiação refletida pela planta $K \uparrow$ e $K_8 \uparrow$ (3b) e radiação transmitida pela planta $K_{T \downarrow}$ e $K_{T8 \downarrow}$ (3c).

Os piranômetros foram instalados numa base retangular de madeira completamente plana, onde os instrumentos foram nivelados e fixados com parafusos. Colocava-se este conjunto na extremidade de um mastro de ferro galvanizado de 4,00m de comprimento sobre outra base metálica plana de forma circular. A base de madeira prendia-se ao mastro por intermédio de um orifício na parte central (fig. 4).

Além da determinação das densidades dos fluxos mencionados, foram realizadas medidas ao nível do solo utilizando-se os mesmos piranômetros, colocando-se a base de madeira sobre 4 estacas previamente niveladas (fig. 3c) com o objetivo de determinar os fluxos de radiação solar que conseguiam atravessar a cobertura vegetal. Estes valores foram obtidos sempre à sombra, considerando-se que as medidas de radiação nos "sunflecks" deveriam ser aproximadamente iguais às leituras feitas sobre as plantas.

As leituras dos fluxos de radiação para cada tratamento efetuaram-se a cada 30 minutos em dias descobertos, e durante um período de dois dias.

5.4. Determinação da altura, área foliar, índice de área foliar, matéria seca das plantas e produção de grãos

A partir do dia 20-12-78 até o 01-03-79 efetuaram-se 6 amostragens, em intervalos de 14 dias, utilizando-se para cada amostragem o seguinte critério: tomava-se, ao acaso, 10 plantas que serviriam para a determinação da altura, área foliar, índice de área foliar e matéria seca. Para a altura das plantas media-se seu comprimento desde a superfície do solo até a base da última folha em sua inserção.

A área foliar determinou-se medindo o comprimento e a maior largura da lâmina foliar, o produto destes dois

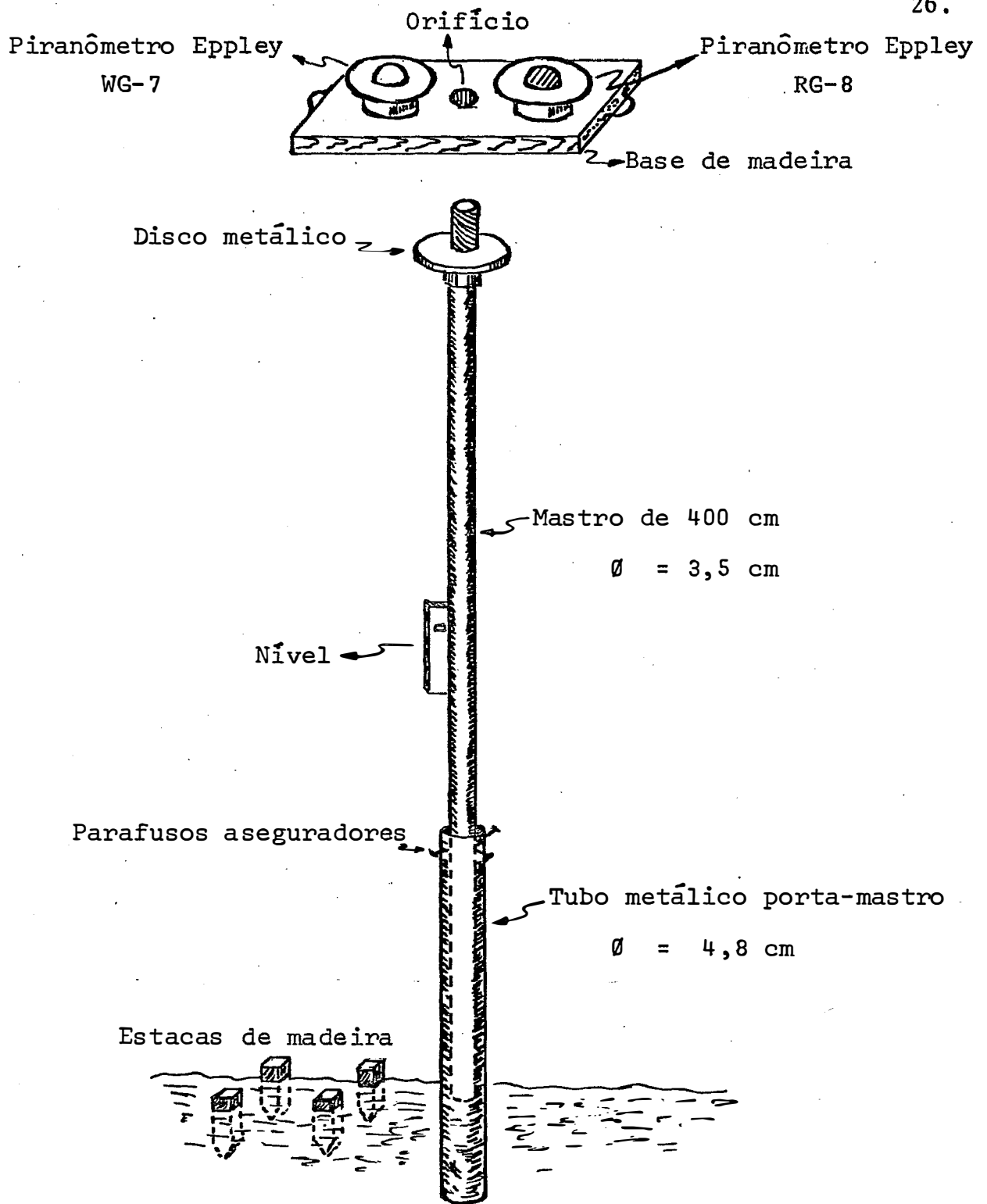


Figura 4.- Detalhe do mastro e base de madeira para os piranômetros Eppley.

valores multiplicados por um fator que, segundo FRANCIS et alii (1969), é de 0,75, corresponderia à área da folha.

O quociente da área foliar média estimada, pela área de solo explorada por uma planta, em cada tratamento, forneceu o índice de área foliar em cm^2 de folhagem por cm^2 de solo.

Para a determinação da matéria seca das diferentes partes da planta em cada um dos tratamentos foi usado o método de pesagem do material seco em relação ao tempo. As partes consideradas foram: folhas, caule, panícula, espiga e palha da espiga. As amostras foram secas em estufas a 70°C por um período de tempo de 120 horas.

Na determinação da produção de grãos em cada um dos tratamentos em kg/ha considerou-se uma área de 10m^2 (superfície considerada como uma amostra representativa de toda a parcela). Colheu-se as espigas desta área, calculando-se posteriormente em forma proporcional a produção para uma hectare. Das espigas obteve-se também seu comprimento, diâmetro e peso médio, assim como o rendimento em peso dos grãos por hectare. Para uma comparação de produção entre tratamentos determinou-se a porcentagem de umidade dos grãos mediante o método de pesagem e secagem em estufa a $105^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas dos fluxos de radiação solar global de ondas curtas e infra-vermelha próxima realizadas no campo, acima e sob a cultura de milho mostram-se nas tabelas 2 a 7. Nota-se, em todos os quadros, que da radiação solar que chega no topo da cultura uma parte dela é absorvida e a outra é refletida e transmitida através da cobertura vegetal, chegando à superfície do solo um pequeno fluxo de energia, apreciando-se claramente um gradiente energético dentro da cultura.

A variação média da radiação solar global e da radiação acima de $0,7\mu\text{m}$ que chega sobre as plantas, se indicam nas tabelas 8 a 10, assim mesmo mostram-se a relação $\frac{\bar{K}_{8\downarrow}}{\bar{K}_{\downarrow}}$ que expressa a quantidade de radiação que se encontra na faixa do infra-vermelha próxima com relação à energia global, esta relação é da ordem de 0,49, isto quer dizer, que quase a metade da radiação solar encontra-se na faixa do infra-vermelha (fig. 5). A quantidade obtida difere em aproximadamente 4% do valor cal-

culado no hemisfério norte pelo Smithsonian Radiation Biology Laboratory em diferentes lugares da América, segundo citado por SANTOS (1978) e difere em 0,01 unidades com o valor calculado pelo mesmo autor em sua pesquisa com milho, utilizando a variedade Piranão.

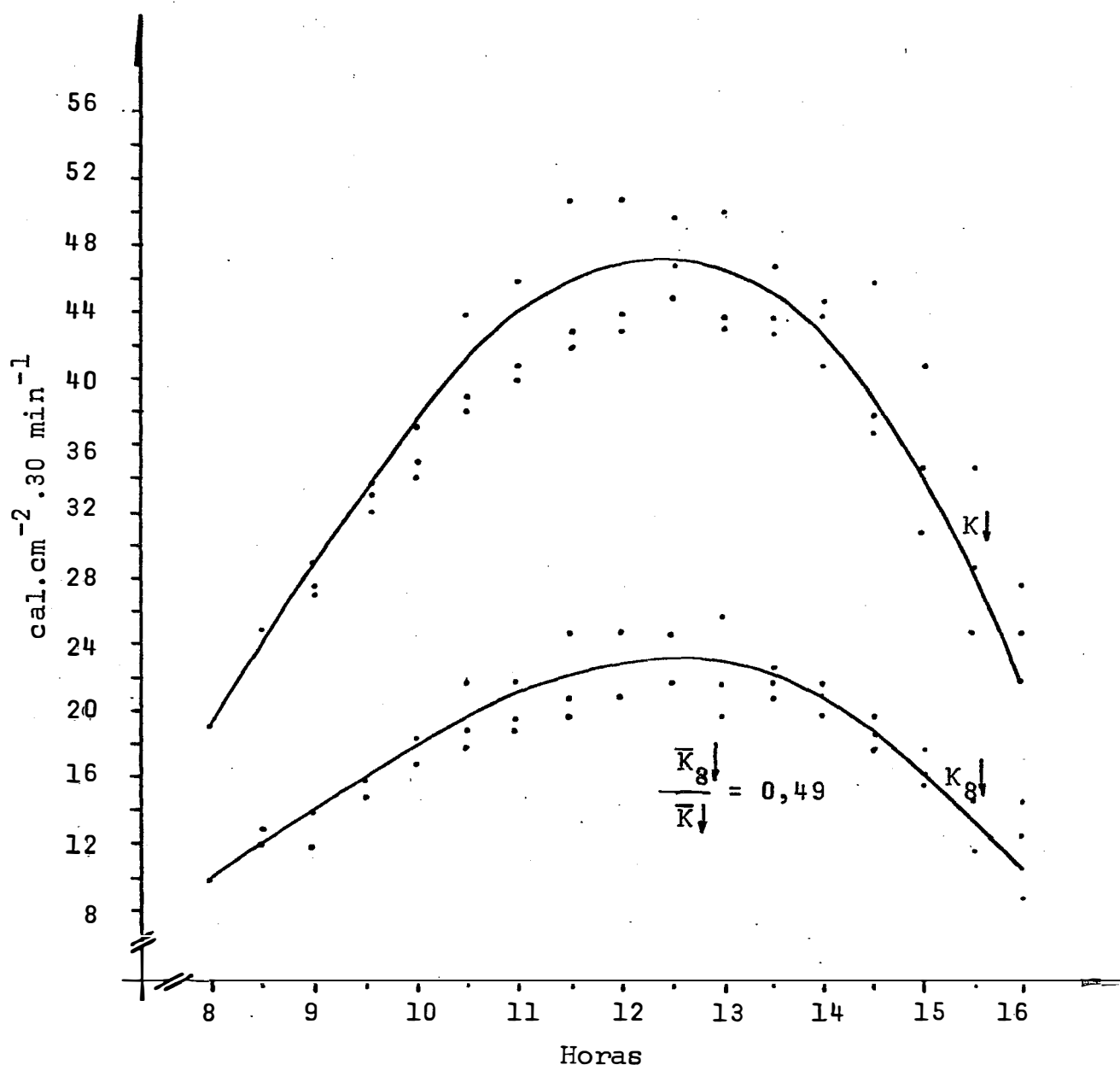


Figura 5.- Variação média dos fluxos K_{\downarrow} e $K_{8\downarrow}$, em milho (média de seis dias de observação).

Tabela 2. Densidade dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) do dia 27-02-79 para milho (*Zea mays* L. var. Cargill1501), no tratamento 1,00m x 0,50m x 0,20m.

HORA	Rad. acima da cobertura vegetal				Rad. na sup. do solo	
	K↓	K _g ↓	K↑	K _g ↑	K _T ↓	K _{Tg} ↓
8:00	0,582	0,323	0,141	0,129	0,107	0,105
8:30	0,761	0,399	0,170	0,147	0,119	0,103
9:00	0,875	0,445	0,169	0,168	0,138	0,140
9:30	1,073	0,495	0,164	0,130	0,100	0,081
10:00	1,156	0,559	0,172	0,154	0,123	0,096
10:30	1,297	0,603	0,188	0,156	0,138	0,109
11:00	1,340	0,629	0,187	0,156	0,117	0,084
11:30	1,411	0,640	0,186	0,150	0,119	0,092
12:00	1,436	0,650	0,146	0,141	0,118	0,076
12:30	1,528	0,711	0,181	0,132	0,117	0,103
13:00	1,391	0,652	0,158	0,119	0,104	0,082
13:30	1,436	0,695	0,197	0,182	0,127	0,125
14:00	1,463	0,683	0,212	0,189	0,155	0,149
14:30	1,437	0,659	0,201	0,173	0,146	0,147
15:00	1,329	0,591	0,189	0,131	0,147	0,117
15:30	1,150	0,503	0,177	0,129	0,134	0,111
16:00	0,909	0,482	0,143	0,120	0,097	0,078

Tabela 3. Densidade dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) do dia 28-02-79 para milho (*Zea mays* L. var. Cargill501), no tratamento 1,00m x 0,50m x 0,20m.

HORA	Rad. acima da cobertura vegetal				Rad. na sup. do solo	
	K_{\downarrow}	$K_{g\downarrow}$	K_{\uparrow}	$K_{g\uparrow}$	$K_{T\downarrow}$	$K_{Tg\downarrow}$
8:00	0,684	0,345	0,167	0,143	0,123	0,119
8:30	0,829	0,411	0,186	0,165	0,151	0,145
9:00	0,911	0,489	0,215	0,204	0,184	0,172
9:30	1,107	0,549	0,218	0,206	0,142	0,133
10:00	1,202	0,601	0,210	0,190	0,157	0,156
10:30	1,299	0,642	0,216	0,196	0,166	0,169
11:00	1,344	0,681	0,215	0,206	0,163	0,148
11:30	1,510	0,754	0,234	0,208	0,199	0,166
12:00	1,482	0,740	0,238	0,213	0,222	0,168
12:30	1,626	0,761	0,237	0,208	0,181	0,159
13:00	1,453	0,672	0,162	0,145	0,148	0,104
13:30	1,506	0,729	0,233	0,214	0,273	0,163
14:00	1,481	0,753	0,240	0,211	0,249	0,215
14:30	1,471	0,681	0,213	0,207	0,240	0,181
15:00	1,387	0,607	0,195	0,175	0,213	0,153
15:30	1,204	0,509	0,185	0,171	0,182	0,117
16:00	0,951	0,488	0,147	0,138	0,099	0,086

Tabela 4. Densidade dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) do dia 09-03-79 para milho (*Zea mays* L. var. Cargill501), no tratamento Quincôncio.

HORA	Rad. acima da cobertura vegetal				Rad. na sup. do solo	
	K_{\downarrow}	$K_{g\downarrow}$	K_{\uparrow}	$K_{g\uparrow}$	$K_{T\downarrow}$	$K_{Tg\downarrow}$
8:00	0,660	0,334	0,134	0,124	0,109	0,073
8:30	0,815	0,424	0,176	0,156	0,125	0,122
9:00	0,905	0,458	0,186	0,166	0,133	0,116
9:30	1,068	0,517	0,195	0,180	0,138	0,142
10:00	1,149	0,590	0,202	0,190	0,145	0,138
10:30	1,278	0,633	0,214	0,189	0,167	0,149
11:00	1,343	0,655	0,206	0,175	0,174	0,131
11:30	1,376	0,667	0,211	0,194	0,170	0,136
12:00	1,434	0,706	0,219	0,193	0,178	0,138
12:30	1,467	0,697	0,211	0,180	0,156	0,138
13:00	1,383	0,681	0,216	0,195	0,154	0,121
13:30	1,412	0,704	0,226	0,186	0,163	0,149
14:00	1,292	0,665	0,209	0,153	0,136	0,103
14:30	1,141	0,579	0,201	0,154	0,116	0,100
15:00	0,990	0,494	0,193	0,156	0,096	0,095
15:30	0,802	0,401	0,168	0,147	0,087	0,081
16:00	0,605	0,292	0,139	0,099	0,065	0,057

Tabela 5. Densidade dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) do dia 10-03-79 para milho (*Zea mays* L. var. Cargill501), no tratamento Quincôncio.

HORA	Rad. acima da cobertura vegetal				Rad. na sup. do solo	
	K_{\uparrow}	$K_{g\uparrow}$	K_{\uparrow}	$K_{g\uparrow}$	$K_{T\uparrow}$	$K_{Tg\uparrow}$
8:00	0,584	0,310	0,140	0,132	0,093	0,073
8:30	0,785	0,380	0,162	0,140	0,133	0,112
9:00	0,923	0,458	0,178	0,164	0,141	0,120
9:30	1,040	0,507	0,195	0,172	0,146	0,128
10:00	1,123	0,562	0,196	0,178	0,167	0,132
10:30	1,232	0,593	0,204	0,181	0,179	0,137
11:00	1,359	0,637	0,200	0,195	0,158	0,131
11:30	1,414	0,683	0,219	0,182	0,164	0,142
12:00	1,456	0,712	0,217	0,195	0,176	0,124
12:30	1,515	0,779	0,241	0,198	0,212	0,162
13:00	1,523	0,769	0,242	0,215	0,162	0,123
13:30	1,442	0,738	0,222	0,202	0,177	0,145
14:00	1,428	0,687	0,255	0,179	0,174	0,141
14:30	1,283	0,663	0,171	0,156	0,158	0,150
15:00	1,086	0,568	0,229	0,202	0,146	0,109
15:30	0,860	0,461	0,180	0,159	0,097	0,087
16:00	0,615	0,330	0,141	0,119	0,075	0,067

Tabela 6. Densidade dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) do dia 03-03-79 para milho (*Zea mays* L. var. Cargill501), no tratamento 1,00m x 0,20m.

HORA	Rad. acima da cobertura vegetal				Rad. na sup. do solo	
	K_{\downarrow}	$K_{g\downarrow}$	K_{\uparrow}	$K_{g\uparrow}$	$K_{T\downarrow}$	$K_{Tg\downarrow}$
8:00	0,571	0,219	0,146	0,148	0,134	0,109
8:30	0,789	0,340	0,174	0,185	0,166	0,123
9:00	0,927	0,312	0,155	0,146	0,143	0,086
9:30	1,079	0,514	0,174	0,156	0,162	0,117
10:00	1,231	0,605	0,202	0,181	0,194	0,190
10:30	1,567	0,777	0,221	0,223	0,233	0,207
11:00	1,608	0,777	0,235	0,208	0,249	0,199
11:30	1,934	0,934	0,229	0,198	0,256	0,195
12:00	1,921	0,946	0,221	0,180	0,260	0,222
12:30	1,837	0,908	0,229	0,202	0,373	0,261
13:00	1,899	0,953	0,259	0,269	0,319	0,204
13:30	1,634	0,950	0,216	0,207	0,267	0,198
14:00	1,637	0,793	0,210	0,156	0,299	0,214
14:30	1,233	0,598	0,180	0,153	0,192	0,131
15:00	1,188	0,583	0,215	0,195	0,190	0,183
15:30	1,034	0,532	0,219	0,196	0,188	0,156
16:00	0,934	0,486	0,195	0,190	0,159	0,146

Tabela 7. Densidade dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) do dia 05-03-79 para milho (*Zea mays* L. var. Cargill501), no tratamento 1,00m x 0,20m.

HORA	Rad. acima da cobertura vegetal				Rad. na sup. do solo	
	K_{\downarrow}	$K_{g\downarrow}$	K_{\uparrow}	$K_{g\uparrow}$	$K_{T\downarrow}$	$K_{Tg\downarrow}$
8:00	0,683	0,435	0,184	0,164	0,156	0,157
8:30	0,851	0,538	0,198	0,199	0,182	0,161
9:00	0,979	0,504	0,199	0,194	0,177	0,154
9:30	1,110	0,578	0,221	0,214	0,209	0,175
10:00	1,215	0,629	0,228	0,215	0,214	0,199
10:30	1,376	0,685	0,229	0,219	0,220	0,189
11:00	1,447	0,698	0,225	0,202	0,211	0,173
11:30	1,441	0,726	0,209	0,202	0,211	0,167
12:00	1,494	0,739	0,204	0,189	0,212	0,184
12:30	1,501	0,743	0,193	0,179	0,178	0,134
13:00	1,532	0,764	0,199	0,184	0,224	0,180
13:30	1,486	0,578	0,207	0,190	0,250	0,175
14:00	1,377	0,679	0,199	0,167	0,238	0,192
14:30	1,229	0,611	0,178	0,156	0,217	0,145
15:00	1,161	0,521	0,171	0,147	0,163	0,135
15:30	0,920	0,463	0,163	0,143	0,145	0,107
16:00	0,726	0,355	0,139	0,117	0,098	0,092

Tabela 8. Variações médias em cada 30 minutos de $K\downarrow$, $K_g\downarrow$ ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot 30\text{ min}^{-1}$) e da razão destas duas grandezas.

Tratamento: 1,00m x 0,20m

HORA	$K\downarrow$	$K_g\downarrow$	$PI\downarrow$	$\frac{K_g\downarrow}{K\downarrow}$
8:00	18,81	9,81	9,00	0,52
8:30	24,60	13,17	11,43	0,54
9:00	28,59	12,24	16,35	0,43
9:30	32,85	16,38	16,47	0,50
10:00	36,69	18,51	18,18	0,50
10:30	44,16	21,93	22,23	0,50
11:00	45,84	22,14	23,70	0,48
11:30	50,64	24,90	25,74	0,49
12:00	51,24	25,29	25,95	0,49
12:30	50,07	24,69	25,38	0,49
13:00	51,48	25,77	25,71	0,50
13:30	46,80	22,92	23,88	0,49
14:00	45,21	22,08	23,13	0,49
14:30	36,93	18,15	18,78	0,49
15:00	35,22	16,56	18,66	0,47
15:30	29,31	14,94	14,37	0,51
16:00	24,90	12,63	12,27	0,51
\bar{M}				0,49

Tabela 9. Variações médias em cada 30 minutos de $K\downarrow$, $K_g\downarrow$ ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot 30\text{ min}^{-1}$) e da razão destas duas grandezas.

Tratamento: 1,00m x 0,50m x 0,20m.

HORA	$K\downarrow$	$K_g\downarrow$	$PI\downarrow$	$\frac{K_g\downarrow}{K\downarrow}$
8:00	18,99	10,02	8,97	0,53
8:30	23,85	12,15	11,70	0,51
9:00	26,79	14,01	12,78	0,52
9:30	32,70	15,66	17,04	0,48
10:00	35,37	17,40	17,97	0,49
10:30	38,94	18,69	20,25	0,48
11:00	40,26	19,65	20,61	0,49
11:30	43,83	20,91	22,92	0,48
12:00	43,77	20,85	22,92	0,48
12:30	47,31	22,08	25,23	0,47
13:00	42,66	19,86	22,80	0,47
13:30	44,13	21,36	22,77	0,48
14:00	44,16	21,54	22,62	0,49
14:30	46,20	20,10	26,10	0,44
15:00	40,74	17,97	22,77	0,44
15:30	35,31	15,18	20,13	0,43
16:00	27,90	14,55	13,35	0,52
\bar{M}				0,48

Tabela 10. Variações médias em cada 30 minutos de $K\downarrow$, $K_g\downarrow$ ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot 30\text{ min}^{-1}$) e da razão destas duas grandezas.

Tratamento: Quincôncio

HORA	$K\downarrow$	$K_g\downarrow$	$PI\downarrow$	$\frac{K_g\downarrow}{K\downarrow}$
8:00	18,66	9,66	9,00	0,52
8:30	24,00	12,06	11,94	0,50
9:00	27,42	13,74	13,68	0,50
9:30	31,62	15,36	16,26	0,49
10:00	34,08	17,28	16,80	0,51
10:30	37,65	18,39	19,26	0,49
11:00	40,53	19,38	21,15	0,48
11:30	41,85	20,25	21,60	0,48
12:00	43,35	21,27	22,08	0,49
12:30	44,73	22,14	22,59	0,49
13:00	43,59	21,75	21,84	0,50
13:30	42,81	21,63	21,18	0,51
14:00	40,80	20,28	20,52	0,50
14:30	36,36	18,63	17,73	0,51
15:00	31,14	15,93	15,21	0,51
15:30	24,93	12,31	12,62	0,49
16:00	18,30	9,33	8,97	0,51
\bar{M}				0,50

Os balanços dos fluxos de radiação solar global e fotossinteticamente ativa em $\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$, para os três tratamentos estão descritos nas tabelas 11 a 13, como também os valores de PI^* que atingem a cobertura vegetal e PI^* retido pela planta.

Com a informação das tabelas anteriores chegou-se a construir as tabelas 14 a 16 que mostram os valores percentuais médios da radiação global e fotossinteticamente ativa retidas pela cobertura vegetal em uma cultura de milho. Conclui-se que a maior porcentagem de radiação fotossinteticamente ativa retida pela cultura, corresponde as parcelas de maior população, quincôncio e $1,00 \times 0,50 \times 0,20$ metros, com 96% de retenção contra 94% do tratamento com espaçamento tradicional ($1,00\text{m} \times 0,20\text{m}$). Igualmente a maior porcentagem de radiação solar global retida pela cultura corresponde as parcelas $1,00\text{m} \times 0,50\text{m} \times 0,20\text{m}$ com 85%, quincôncio com 84% e com 80% o tratamento $1,00\text{m} \times 0,20\text{m}$. Nas figuras 6 e 7 pode-se observar as variações médias de radiação solar global e fotossinteticamente ativa em um intervalo de tempo de meia em meia hora.

Na tabela 17 apresenta-se, por tratamento, as porcentagens de radiação global e infra-vermelha próxima que atingem a superfície do solo ao transmitir-se através da folhagem. Estes valores correspondem à radiação que não é utilizada pela planta, podendo-se apreciar que, na parcela de menor densidade, a transmissão para as duas faixas do espectro é maior, pela menor dificuldade que tem a energia solar de atravessar a folhagem da planta devido ao menor índice de área foliar. Nas parcelas $1,00\text{m} \times 0,50\text{m} \times 0,20\text{m}$ e quincôncio as porcentagens que se apresentam são muito semelhantes e com valores menores que o tratamento anterior. Com base nestas últimas informações (radiação retida e transmitida pela cobertura vegetal) pode chegar-se às conclusões sobre produtividade.

Tabela 11 - Balanço dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{min}^{-1}$) para milho (Zea mays L. var. Cargill 501). Tratamento: 1,00 m x 0,20 m. Média de dois dias. Piracicaba, 1979.

HORA	Radiação acima do dossel vegetativo				Rad. na superfície do solo (transmitida)			Rad. Fotossinteticamente ativa		
	K_{\downarrow}	K_{\uparrow}	K^*	K_8^{\downarrow}	K_8^{\uparrow}	K_8^*	K_{T8}^{\downarrow}	K_{T8}^{\uparrow}	$K^* - K_8^*$	$PI^* - (K_{T8}^{\downarrow} - K_{T8}^{\uparrow})$
									PI^*	PI^* (retido)
8:00	0,627	0,165	0,462	0,327	0,156	0,171	0,145	0,133	0,291	0,279
8:30	0,820	0,186	0,634	0,439	0,192	0,247	0,174	0,142	0,387	0,355
9:00	0,953	0,177	0,776	0,408	0,170	0,238	0,160	0,120	0,538	0,498
9:30	1,095	0,198	0,897	0,546	0,185	0,361	0,186	0,146	0,536	0,496
10:00	1,223	0,215	1,008	0,615	0,198	0,419	0,204	0,195	0,589	0,580
10:30	1,472	0,225	1,247	0,731	0,221	0,510	0,227	0,198	0,737	0,708
11:00	1,528	0,230	0,298	0,738	0,205	0,533	0,230	0,186	0,765	0,721
11:30	1,688	0,219	1,469	0,830	0,200	0,630	0,234	0,181	0,839	0,786
12:00	1,708	0,213	1,495	0,843	0,185	0,658	0,236	0,203	0,837	0,804
12:30	1,669	0,211	1,458	0,823	0,191	0,632	0,276	0,198	0,826	0,748
13:00	1,716	0,229	1,487	0,859	0,227	0,632	0,272	0,192	0,855	0,775
13:30	1,560	0,212	1,348	0,764	0,199	0,565	0,259	0,187	0,783	0,711
14:00	1,507	0,205	1,302	0,736	0,162	0,574	0,269	0,203	0,728	0,662
14:30	1,231	0,179	1,052	0,605	0,155	0,450	0,205	0,138	0,602	0,535
15:00	1,174	0,193	0,981	0,552	0,171	0,381	0,177	0,159	0,600	0,582
15:30	0,977	0,191	0,786	0,498	0,170	0,328	0,167	0,132	0,458	0,423
16:00	0,830	0,167	0,663	0,421	0,154	0,267	0,129	0,119	0,396	0,386
Total cal/cm ² 9h	678,24	107,46	570,78	334,74	98,85	235,89	110,37	88,53	334,89	313,05

Tabela 12 - Balanço dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$) para milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501). Tratamento: 1,00 m x 0,50 m x 0,20 m. Média de dois dias. Piracicaba, 1979.

HORA	Radiação acima do dossel vegetativo				Rad. na superfície do solo (transmitida)				Rad. Fotossinteticamente ativa		
	K_{\uparrow}	K_{\uparrow}^*	$K_{g\uparrow}$	$K_{g\uparrow}^*$	$K_{T\uparrow}$	$K_{T8\uparrow}$	$K^* - K_8^*$	PI^*	$PI^* - (K_{T\uparrow} - K_{T8\uparrow})$	PI^*	$PI^* \text{ (retido)}$
	K_{\uparrow}	K	$K_{g\uparrow}$	K_8	$K_{T\uparrow}$	$K_{T8\uparrow}$	$K^* - K_8^*$	PI^*			
8:00	0,633	0,154	0,479	0,334	0,136	0,198	0,115	0,112	0,281	0,278	
8:30	0,795	0,178	0,617	0,405	0,156	0,249	0,135	0,124	0,368	0,357	
9:00	0,893	0,192	0,701	0,467	0,186	0,281	0,161	0,156	0,420	0,415	
9:30	1,090	0,191	0,899	0,522	0,168	0,354	0,121	0,107	0,545	0,531	
10:00	1,179	0,191	0,988	0,580	0,172	0,408	0,140	0,126	0,580	0,566	
10:30	1,298	0,202	1,096	0,623	0,176	0,447	0,152	0,139	0,649	0,636	
11:00	1,342	0,201	1,141	0,655	0,181	0,474	0,140	0,116	0,667	0,643	
11:30	1,461	0,210	1,251	0,697	0,179	0,518	0,159	0,129	0,733	0,703	
12:00	1,459	0,192	1,267	0,695	0,177	0,518	0,170	0,122	0,749	0,701	
12:30	1,577	0,209	1,368	0,736	0,170	0,566	0,149	0,131	0,802	0,784	
13:00	1,422	0,160	1,262	0,662	0,132	0,530	0,126	0,093	0,732	0,699	
13:30	1,471	0,215	1,256	0,712	0,198	0,514	0,200	0,144	0,742	0,686	
14:00	1,472	0,226	1,246	0,718	0,200	0,518	0,202	0,182	0,728	0,708	
14:30	1,454	0,207	1,247	0,670	0,190	0,480	0,193	0,164	0,767	0,738	
15:00	1,358	0,192	1,166	0,599	0,153	0,446	0,180	0,135	0,720	0,678	
15:30	1,177	0,181	0,996	0,506	0,150	0,356	0,158	0,114	0,640	0,596	
16:00	0,930	0,145	0,785	0,485	0,129	0,356	0,098	0,082	0,429	0,413	
Total	658,23	101,73	556,50	316,53	89,46	227,07	80,91	67,74	329,43	316,26	

Tabela 13 - Balanço dos fluxos de radiação global e fotossinteticamente ativa ($\text{cal.cm}^{-2}.\text{min}^{-1}$) para milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501). Tratamento: Quincôncio. Média de dois dias. Piracicaba, 1979.

HORA	Radiação acima do dossel vegetativo				Rad. na superfície do solo (transmitida)				Rad. Fotossinteticamente ativa				
	K \uparrow	K \downarrow	K $_g\uparrow$	K $_g^*$	K \uparrow	K $_g\uparrow$	K $_g^*$	K $T_8\uparrow$	K $^* - K_8^*$	PI *	PI $^* - (K_{T_8\uparrow} - K_{T_8\downarrow})$	PI *	PI * (retido)
8:00	0,622	0,137	0,485	0,322	0,128	0,194	0,101	0,073	0,291			0,263	
8:30	0,800	0,169	0,631	0,402	0,148	0,254	0,129	0,117	0,377			0,365	
9:00	0,914	0,182	0,732	0,458	0,165	0,293	0,137	0,118	0,439			0,420	
9:30	1,054	0,195	0,859	0,512	0,176	0,336	0,142	0,135	0,523			0,516	
10:00	1,136	0,199	0,937	0,576	0,184	0,392	0,156	0,135	0,545			0,524	
10:30	1,255	0,209	1,046	0,613	0,185	0,428	0,173	0,143	0,618			0,588	
11:00	1,351	0,203	1,148	0,646	0,185	0,461	0,166	0,131	0,687			0,652	
11:30	1,395	0,215	1,180	0,675	0,188	0,487	0,167	0,139	0,693			0,665	
12:00	1,445	0,218	1,227	0,709	0,194	0,515	0,177	0,131	0,712			0,666	
12:30	1,491	0,226	1,266	0,738	0,189	0,549	0,184	0,150	0,717			0,683	
13:00	1,453	0,229	1,224	0,725	0,205	0,520	0,158	0,122	0,704			0,668	
13:30	1,427	0,224	1,203	0,721	0,194	0,527	0,170	0,147	0,676			0,653	
14:00	1,360	0,232	1,128	0,676	0,166	0,510	0,155	0,122	0,618			0,585	
14:30	1,212	0,186	1,026	0,621	0,155	0,466	0,137	0,125	0,560			0,548	
15:00	1,038	0,211	0,827	0,531	0,179	0,352	0,121	0,102	0,475			0,456	
15:30	0,831	0,174	0,657	0,431	0,153	0,278	0,092	0,084	0,379			0,371	
16:00	0,610	0,140	0,470	0,311	0,109	0,202	0,070	0,062	0,268			0,260	
Total	600,12	104,67	495,45	299,34	90,36	208,98	75,15	62,94	286,50			274,29	

Tabela 14. Porcentagem média da radiação global e fotossinteticamente ativa retida por uma cultura de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501).

Tratamento: 1,00m x 0,20m

HORA	Rad. Global retida			Rad. Fotoss. ativa retida		
	$\frac{K^* - K_T^\dagger}{K^*} = \frac{K^*(\text{retido})}{K^*} \cdot 100$	K^*	$\frac{K^*(\text{retido})}{K^*} \cdot 100$	$PI^*(\text{ret.})$	PI^*	$\frac{PI^*(\text{retido})}{PI^*} \cdot 100$
8:00	0,317	0,462	68,6	0,279	0,291	95,9
8:30	0,460	0,634	72,6	0,355	0,387	91,7
9:00	0,616	0,776	79,4	0,498	0,538	92,6
9:30	0,711	0,897	79,3	0,496	0,536	92,5
10:00	0,804	1,008	79,8	0,580	0,589	98,5
10:30	1,020	1,247	81,8	0,708	0,737	96,1
11:00	1,068	1,298	82,3	0,721	0,765	94,2
11:30	1,235	1,469	84,1	0,786	0,839	93,7
12:00	1,259	1,495	84,2	0,804	0,837	96,1
12:30	1,182	1,458	81,1	0,748	0,826	90,6
13:00	1,215	1,487	81,7	0,775	0,855	90,6
13:30	1,089	1,348	80,8	0,711	0,783	90,8
14:00	1,033	1,302	79,3	0,662	0,728	90,9
14:30	0,847	1,052	80,5	0,535	0,602	88,9
15:00	0,804	0,981	82,0	0,582	0,600	97,0
15:30	0,619	0,786	78,8	0,423	0,458	92,4
16:00	0,534	0,663	80,5	0,386	0,396	97,5
\bar{M}			80%			94%

Tabela 15. Porcentagem média da radiação global e fotossinteticamente ativa retida por uma cultura de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501).

Tratamento: 1,00m x 0,50m x 0,20m

HORA	Rad. Global retida			Rad. Fotoss. ativa retida		
	$K^* - K_T^{\dagger} =$ $K_{(retido)}$	K^*	$\frac{K^*_{(retido)}}{K^*} \cdot 100$	$PI^*_{(ret.)}$	PI^*	$\frac{PI^*_{(retido)}}{PI^*} \cdot 100$
8:00	0,364	0,479	76,0	0,278	0,281	98,9
8:30	0,482	0,617	78,1	0,357	0,368	97,0
9:00	0,540	0,701	77,0	0,415	0,420	98,8
9:30	0,778	0,899	86,5	0,531	0,545	97,4
10:00	0,848	0,988	85,2	0,566	0,580	97,6
10:30	0,944	1,096	86,1	0,636	0,649	98,0
11:00	1,001	1,141	87,7	0,643	0,667	96,4
11:30	1,092	1,251	87,3	0,703	0,733	95,9
12:00	1,097	1,267	86,6	0,701	0,749	93,6
12:30	1,219	1,368	89,1	0,784	0,802	97,8
13:00	1,136	1,262	90,0	0,699	0,732	95,5
13:30	1,056	1,256	84,1	0,686	0,742	92,5
14:00	1,044	1,246	83,8	0,708	0,728	97,3
14:30	1,054	1,247	84,5	0,738	0,767	96,2
15:00	0,986	1,166	84,6	0,675	0,720	93,8
15:30	0,838	0,996	84,1	0,596	0,640	93,1
16:00	0,687	0,785	87,5	0,413	0,429	96,3
\bar{M}			85%			96%

Tabela 16. Porcentagem média da radiação global e fotossinteticamente ativa retida por uma cultura de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501).

Tratamento: Quincôncio

HORA	Rad. Global retida			Rad. Fotoss. ativa retida		
	$K^* - K_T^{\dagger} =$ $K_{(retido)}$	K^*	$\frac{K^*_{(retido)}}{K^*} \cdot 100$	$PI^*_{(ret.)}$	PI^*	$\frac{PI^*_{(retido)}}{PI^*} \cdot 100$
8:00	0,384	0,485	79,2	0,263	0,291	90,4
8:30	0,502	0,631	79,6	0,365	0,377	96,8
9:00	0,595	0,732	81,3	0,420	0,439	95,7
9:30	0,717	0,859	83,5	0,516	0,523	98,7
10:00	0,781	0,937	83,4	0,524	0,545	96,1
10:30	0,873	1,046	83,5	0,588	0,618	95,1
11:00	0,982	1,148	85,5	0,652	0,687	94,9
11:30	1,013	1,180	85,8	0,665	0,693	96,0
12:00	1,050	1,227	85,6	0,666	0,712	93,5
12:30	1,082	1,266	85,5	0,683	0,717	95,3
13:00	1,066	1,224	87,1	0,668	0,704	94,9
13:30	1,033	1,203	85,7	0,653	0,676	96,6
14:00	0,973	1,128	86,3	0,585	0,618	94,7
14:30	0,889	1,026	86,6	0,548	0,560	97,9
15:00	0,706	0,827	85,4	0,456	0,475	96,0
15:30	0,565	0,657	86,0	0,371	0,379	97,9
16:00	0,400	0,470	85,1	0,260	0,268	97,0
\bar{M}			84%			96%

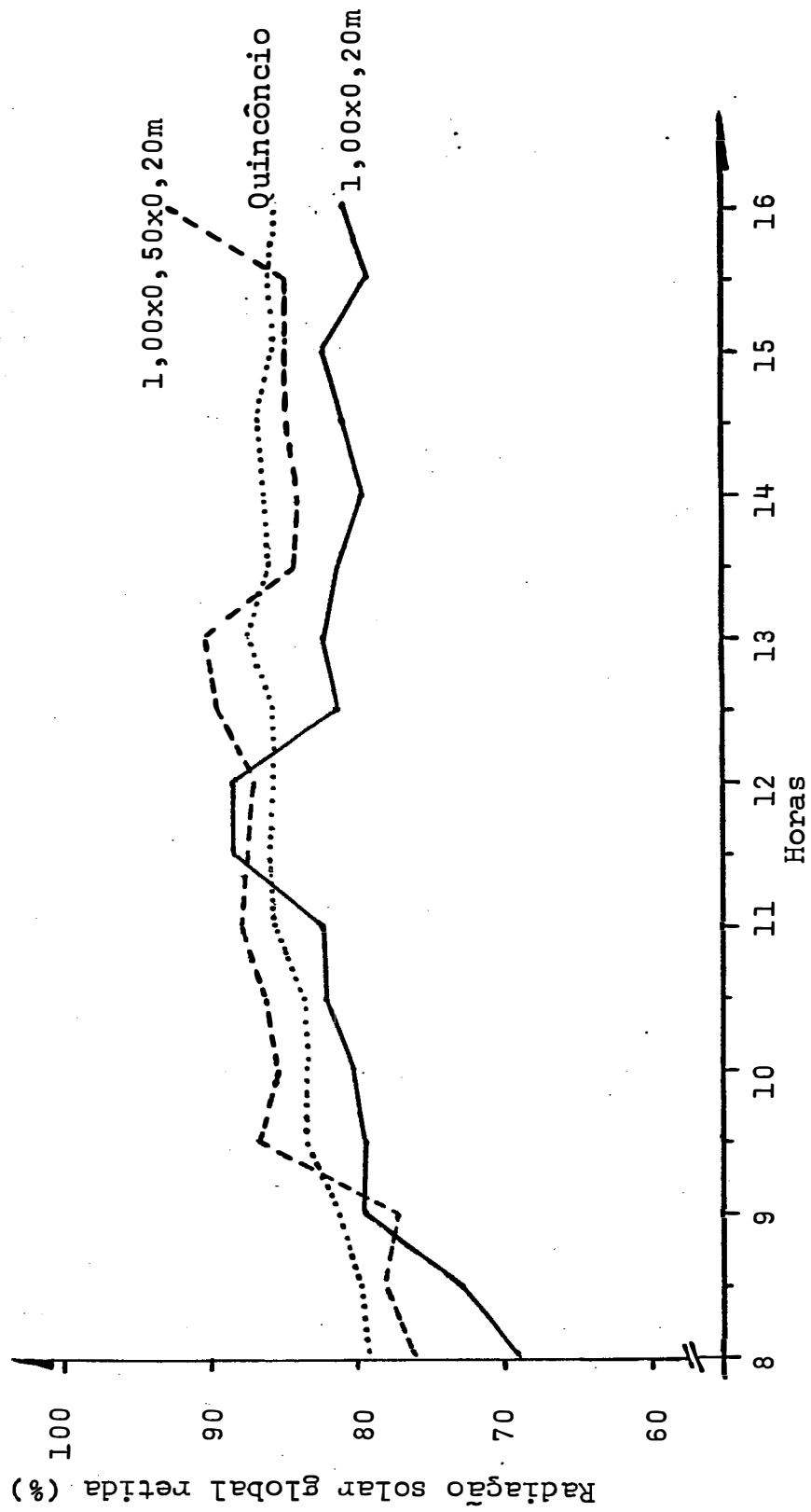


Figura 6.- Variação horária da porcentagem média de radiação solar global retida na cobertura vegetal, nos três tratamentos.

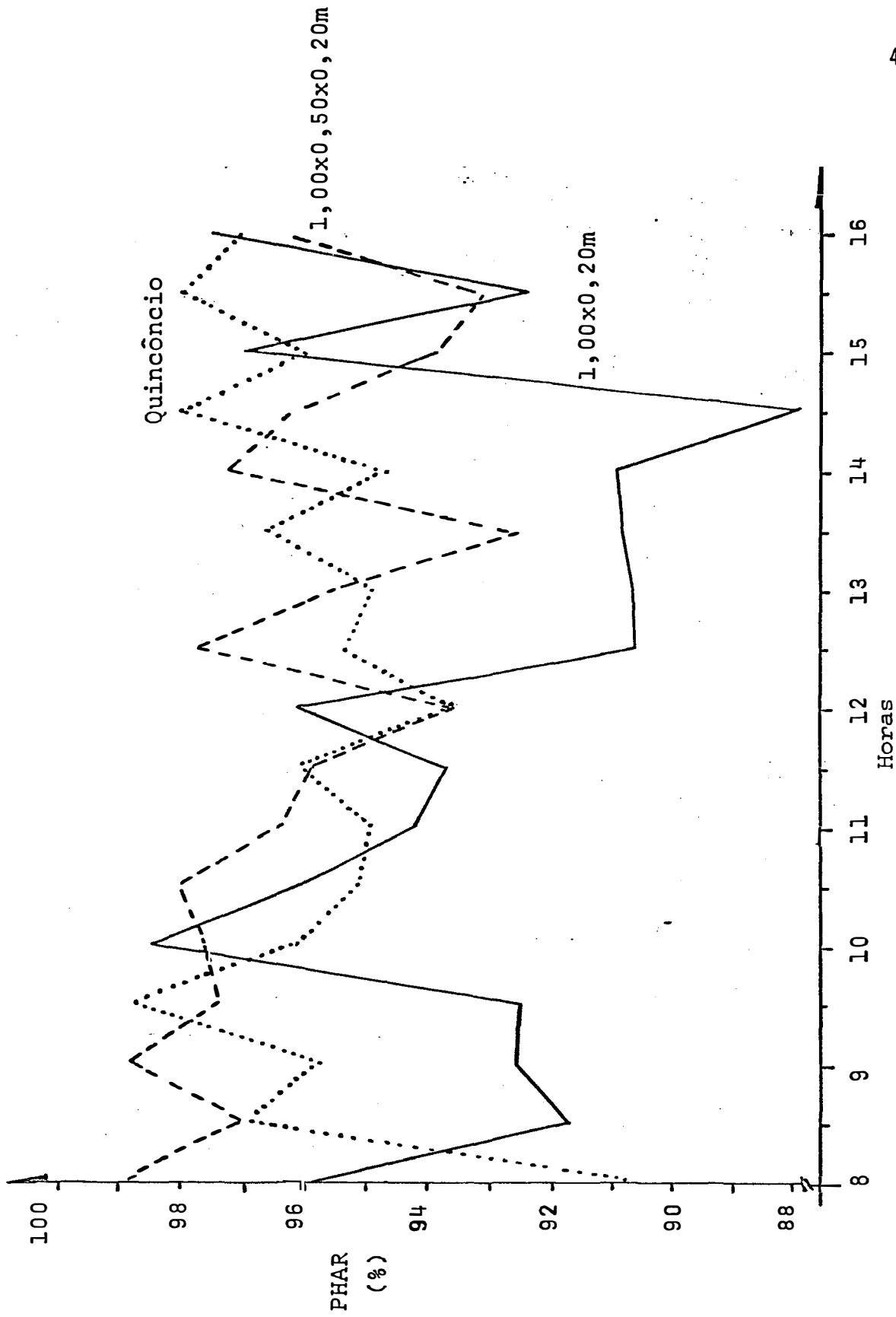


Figura 7.- Variação horária da porcentagem média de radiação fotossinteticamente ativa retida na cobertura vegetal, nos três tratamentos.

Tabela 17. Porcentagem de radiação transmitida através da folhagem do milho, variedade Cargill 501, nos três tratamentos para cada faixa do espectro.

FILTRO	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x 0,20m	Quincôncio
WG-7	16,27	12,29	12,52
RG-8	23,45	21,40	21,03

A quantificação dos valores médios do albedo de ondas curtas, por tratamento, resumiu-se na tabela 18 para a radiação solar global. Estes valores como os apresentados por GRAHAM e KING (1961); SANTOS (1978) e JARAMILLO (1979), em que os menores valores de albedo correspondem às horas próximas ao meio do dia, sendo os valores máximos observados de manhã e a tarde. Esta tendência foi observada nos três tratamentos (fig. 8). O albedo médio da radiação solar global de maior valor pertence à parcela quincôncio com 17,9%, seguindo em ordem decrescente a parcela 1,00m x 0,20m com 16,6% e por último o tratamento de 1,00m x 0,50m x 0,20m com 16,1%, concordando esses valores com a pesquisa desenvolvida por SANTOS (1957) que especifica que o albedo para uma superfície verde é da ordem de 17%, e em seu último trabalho com milho encontra que o albedo vai de 16% a 19%, SANTOS (1978).

De igual forma os valores de albedo de radiação infra-vermelha próxima, tabela 19, apresentaram a mesma tendência durante o dia que o albedo de radiação global, registrando-se valores médios de 31% nas parcelas quincôncio e 1,00mx0,20m, e de 29,2% para a parcela 1,00m x 0,50m x 0,20m. Pode-se citar que a variação média é muito pequena (fig. 9), concordando também estes valores com os obtidos por SANTOS (1978) em sua pesquisa anteriormente citada.

A diferença dos dados de albedo para uma mesma variedade pode-se explicar pela variação da refletividade da superfície da planta e à diversidade do ângulo de incidência da radiação solar pois estes parâmetros são variáveis através do tempo.

Tabela 18. Valores médios de albedo (%), por tratamento de 30 em 30 minutos, sobre a cobertura vegetal em milho, var. Cargill 501 - Utilizando-se piranômetro espectral Eppley sem filtro. (Radiação global)

HORA	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x 0,20m	Quincôncio
8:00	26,3	24,3	22,0
8:30	22,7	22,4	21,1
9:00	18,6	21,5	19,9
9:30	18,1	17,5	18,5
10:00	17,6	16,2	17,5
10:30	15,3	15,6	16,6
11:00	15,1	15,0	15,0
11:30	13,0	14,4	15,4
12:00	12,5	13,2	15,1
12:30	12,6	13,3	15,2
13:00	13,3	11,3	15,8
13:30	13,6	14,6	15,7
14:00	13,6	15,4	17,1
14:30	14,5	14,2	15,3
15:00	16,4	14,1	20,3
15:30	19,5	15,4	20,9
16:00	20,1	15,6	23,0
M	16,6	16,1	17,9

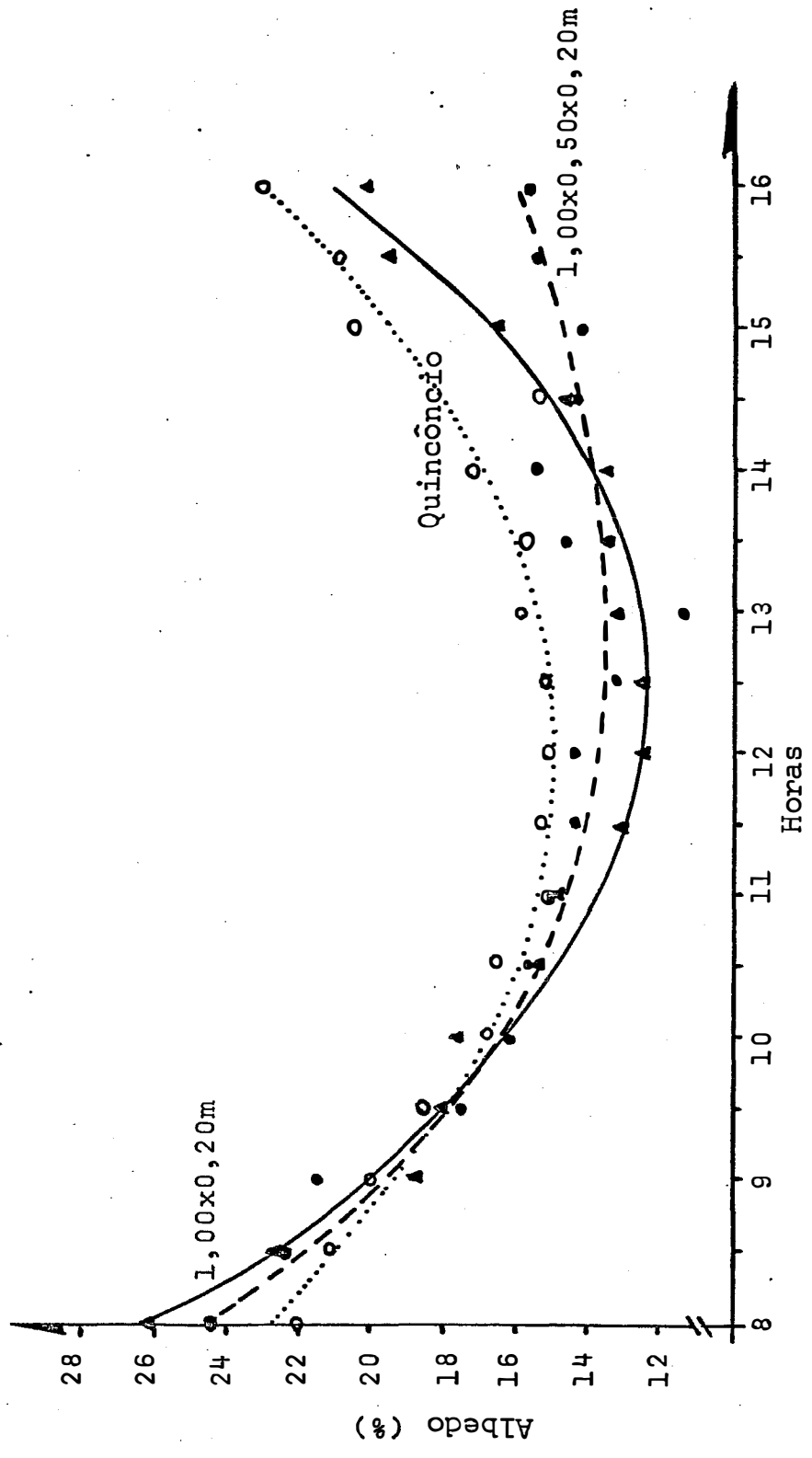


Figura 8.- Variação média horária do albedo sobre uma cultura de milho, var. Cargill 501 utilizando-se piranômetro Eppley sem filtro, nos três tratamentos.

Tabela 19. Valores médios de albedo (%), por tratamento de 30 em 30 minutos, sobre a cobertura vegetal em milho, var. Cargill 501 - Utilizando-se piranômetro espectral Eppley com filtro RG-8. (Radiação infra-vermelho próximo)

HORA	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x 0,20m	Quincôncio
8:00	47,7	40,7	39,8
8:30	43,7	38,5	36,8
9:00	41,7	39,8	36,0
9:30	33,9	32,2	34,4
10:00	32,1	29,7	31,9
10:30	30,2	28,3	30,2
11:00	27,8	27,6	28,6
11:30	24,1	25,7	27,9
12:00	21,9	25,5	27,4
12:30	23,2	23,1	25,6
13:00	26,4	19,9	28,3
13:30	26,0	27,8	26,9
14:00	22,0	27,9	24,6
14:30	25,6	28,4	25,0
15:00	31,0	25,5	33,7
15:30	34,4	29,6	35,5
16:00	36,6	26,6	35,0
M	31,0	29,2	31,0

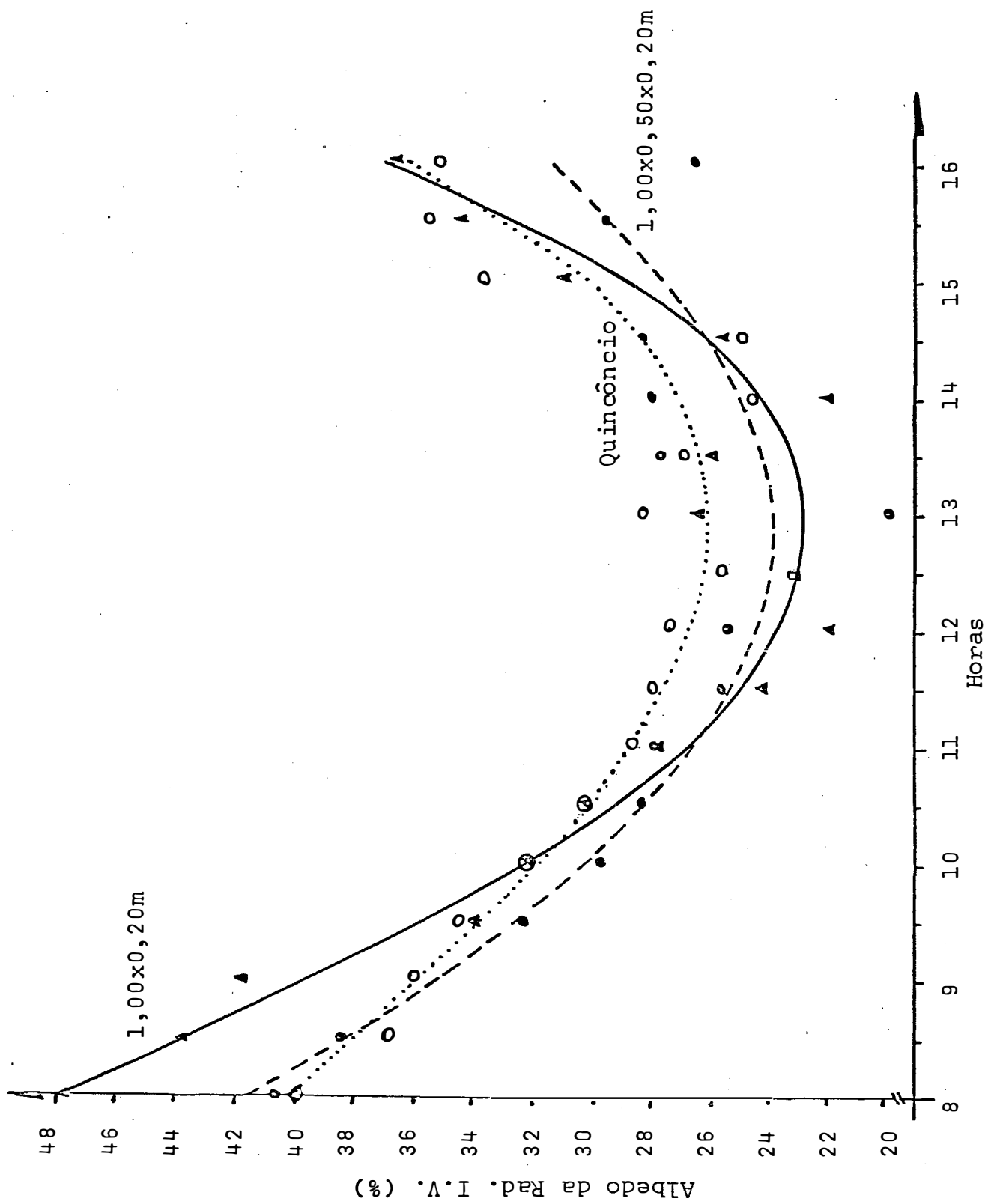


Figura 9.- Variação média do albedo sobre uma cultura de milho, var. Cargill 501, utilizando-se piranômetro Eplley com filtro RG-8, nos três tratamentos.

Na tabela 20, pode-se observar que as plantas dos tratamentos de maior densidade de população alcançaram maiores alturas nas diferentes fases de desenvolvimento do milho, correspondendo as menores alturas às plantas da parcela de menor população. A altura média no tratamento quincôncio, aos 88 dias após o plantio, alcançou 244,3cm enquanto que na parcela 1,00m x 0,20m, considerada como testemunha, somente alcançou 221,0cm. Na fig. 10 observa-se um crescimento acelerado das plantas no período do 17º ao 60º dia após o plantio.

A área foliar considerada um dos parâmetros de maior importância, por ser a folha o principal órgão fotossintético da planta, pois a variação na produção de matéria seca está a ela estreitamente vinculada. Na tabela 21 expõem-se valores periódicos de área foliar média, nos quais se observam aumentos homogêneos para os três tratamentos até o 31º dia após o plantio, a parcela 1,00m x 0,20m alcançou um máximo de 7.122cm² para depois diminuir, enquanto que nos tratamentos 1,00m x 0,50m x 0,20m e quincôncio conseguiram suas máximas áreas foliares acima de 7.300cm² para em seguida declinar suas áreas, pelo secamento e murcha das folhas mais velhas, fig. 11.

Na tabela 22, apresenta-se outro parâmetro importante que corresponde ao índice de área foliar nos três tratamentos, observando-se nitidamente que a parcela mais densamente povoada apresenta maior índice de área foliar sendo o menor valor para o tratamento 1,00m x 0,20m, fig. 12.

Tabela 20. Altura média por planta (cm), por tratamento, para períodos de 14 dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501).

DATA	Dias após a emergência	T R A T A M E N T O		
		1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x 0,20m	Quincôncio
20-12-78	17	10,4	12,8	12,8
03-01-79	31	50,3	56,0	58,7
18-01-79	46	140,6	147,0	156,6
01-02-79	60	216,2	216,8	230,0
15-02-79	74	228,4	236,8	235,3
01-03-79	88	221,0	227,0	244,3

Tabela 21. Área foliar média por planta (cm²), por tratamento, para períodos de 14 dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501).

DATA	Dias após a emergência	T R A T A M E N T O		
		1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x 0,20m	Quincôncio
20-12-78	17	738,28	754,21	774,56
03-01-79	31	4.774,59	4.786,55	4.700,94
18-01-79	46	7.019,20	6.847,27	6.539,69
01-02-79	60	7.058,57	7.349,99	7.326,87
15-02-79	74	7.121,78	7.333,31	7.314,51
01-03-79	88	6.837,19	6.521,09	6.592,64

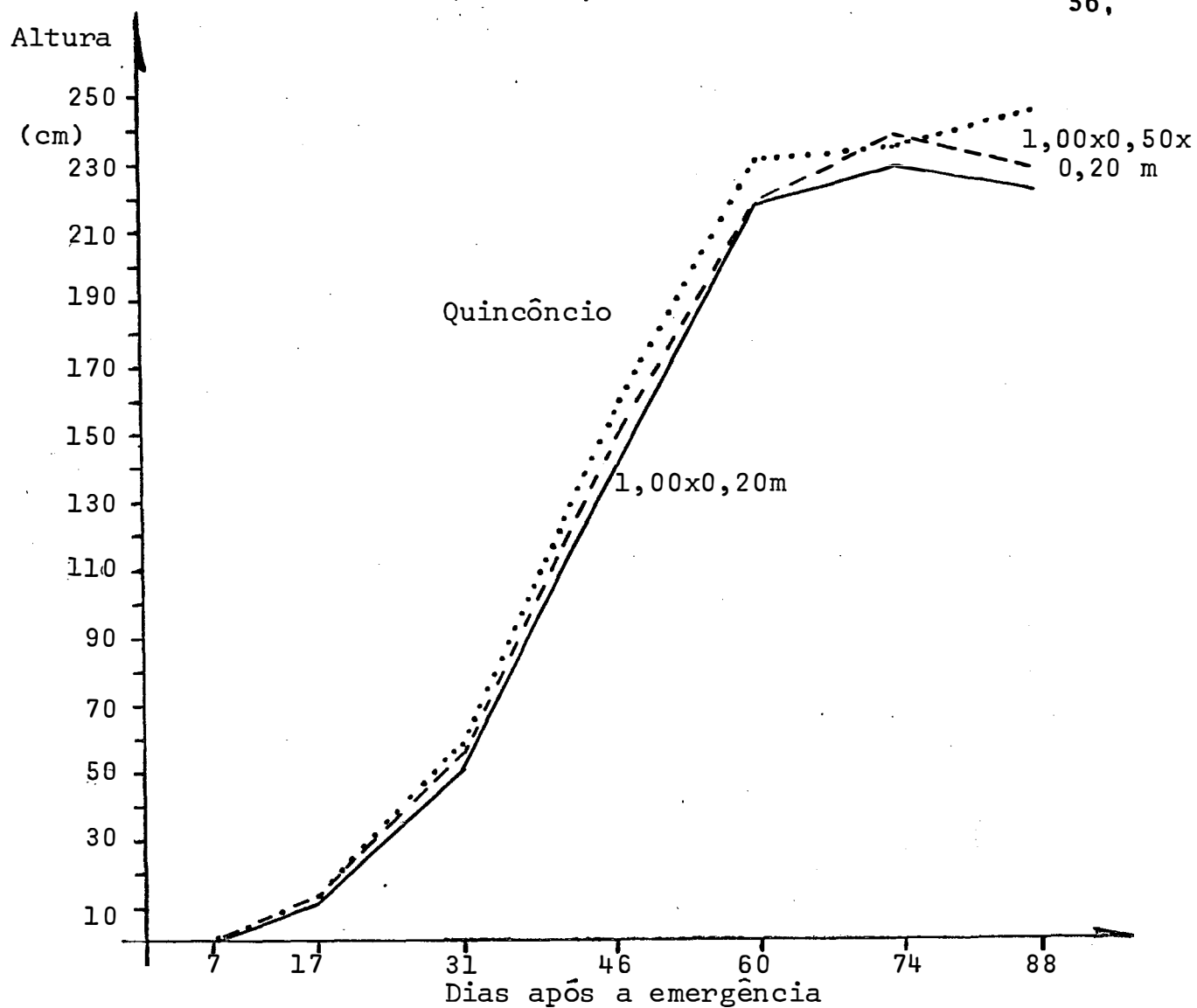


Figura 10.- Variação da altura média das plantas de milho, variedade Cargill 501, durante o ciclo vegetativo, nos três tratamentos.

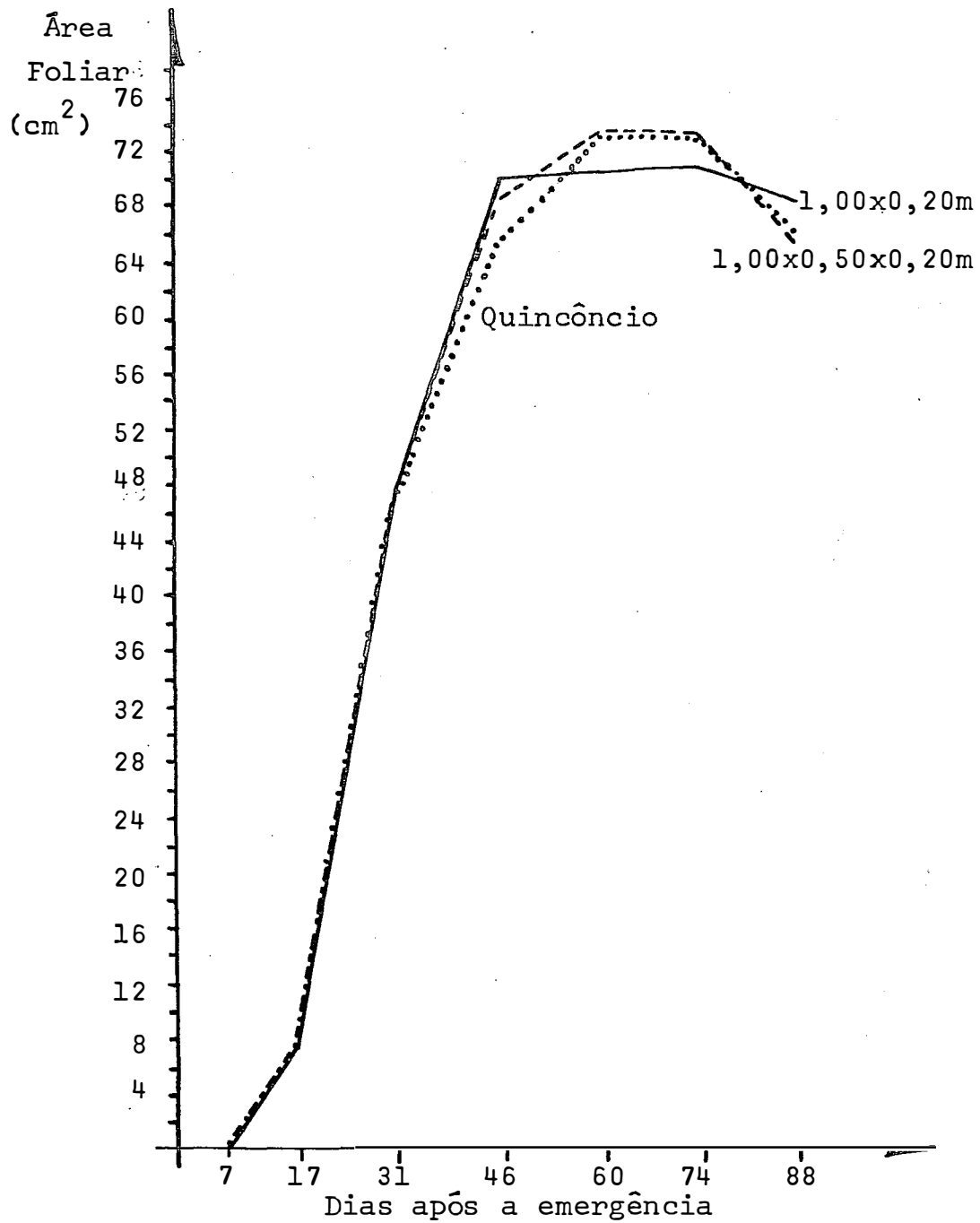


Figura 11.- Variação da área foliar média das plantas de milho, var. Cargill 501, durante o ciclo vegetativo, nos três tratamentos.

Tabela 22. Índice de Área Foliar médio ($\text{cm}^2 \cdot \text{cm}^{-2}$), por tratamento, para períodos de 14 dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L., var. Cargill 501).

DATA	Dias após a emergência	T R A T A M E N T O		
		1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x x 0,20m	Quincô <u>n</u> cio
20-12-78	17	0,369	0,503	0,759
03-01-79	31	2,387	3,191	4,609
18-01-79	46	3,510	4,565	6,411
01-02-79	60	3,529	4,900	7,183
15-02-79	74	3,561	4,889	7,171
01-03-79	88	3,419	4,347	6,463

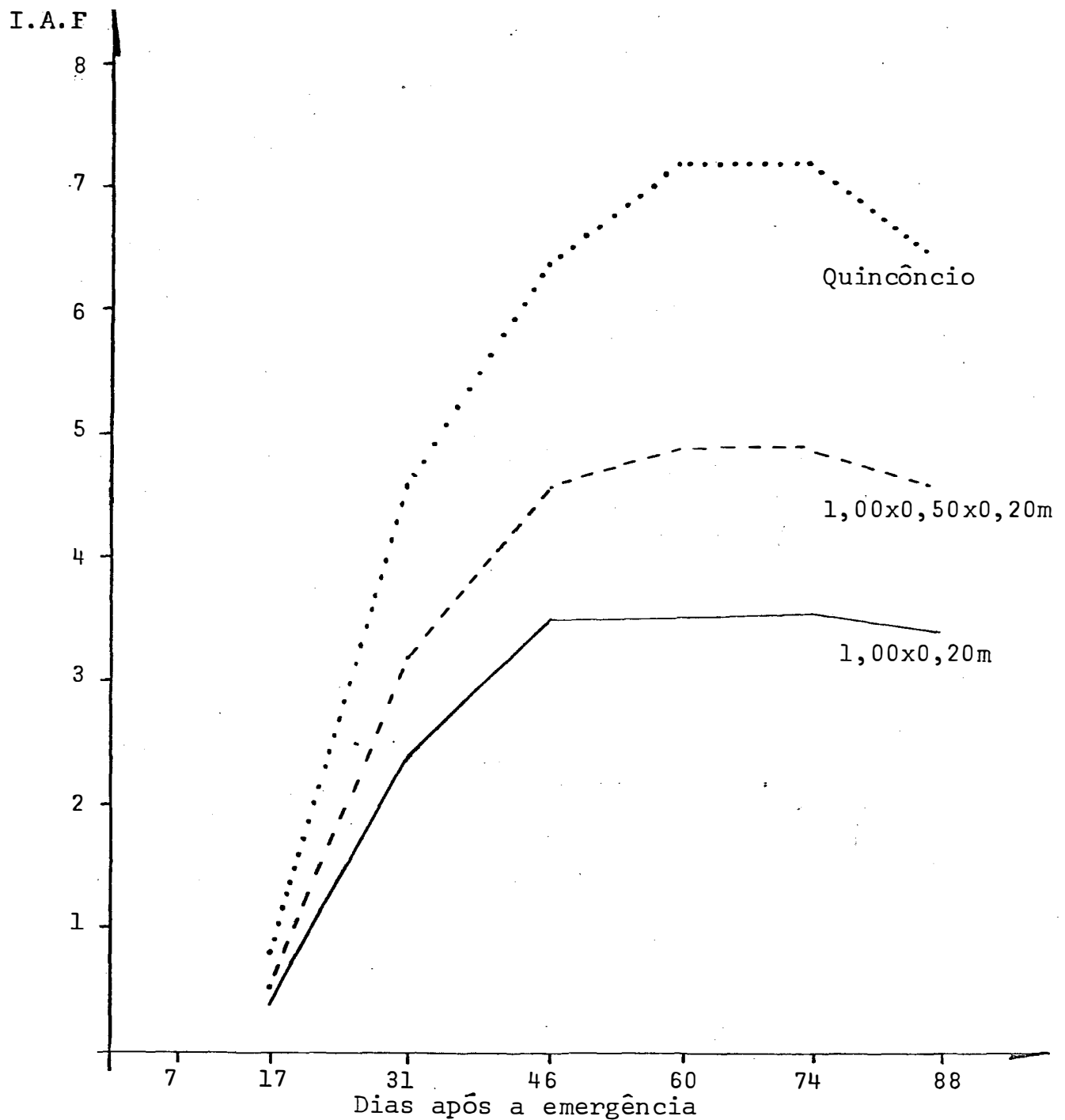


Figura 12.- Variação do índice de área foliar médio das plantas de milho, var. Cargill 501, durante o ciclo vegetativo, nos três tratamentos.

As medidas do peso médio de matéria seca acumulada por planta e o peso médio da matéria seca por metro quadrado de área cultivada, encontram-se nas tabelas 23 e 24 respectivamente, concordando os resultados com LOOMIS e WILLIAMS (1963); SAEKI (1963); LEMEUR e ROSENBERG (1975); e outros autores que assinalam que para maior índice de área foliar a produção de matéria seca é maior por unidade de área (fig. 13), trazendo em consequência maior produtividade.

A produção de matéria seca por metro quadrado por dia, denominada também, taxa de crescimento do cultivo, se apresenta na tabela 25, onde pode-se notar que a máxima taxa ocorreu no tratamento quincônio com $31,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$, inferior do máximo valor encontrado por WILLIAMS em 1965, que foi de $52 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{dia}$, esta variação provavelmente deve-se a diversos fatores como: diferentes variedades empregadas, época do ano, área foliar, número de plantas por metro quadrado e características físicas das plantas. Na pesquisa a produção de matéria seca por unidade de área e por dia, foi maior na parcela mais densamente povoada.

Nas figs. 14 a 16, tem-se a distribuição da matéria seca em porcentagem dos diferentes órgãos da planta através do tempo. Para as três parcelas do experimento, encontrou-se que as porcentagens obtidas não diferem grandemente um do outro, a exceção da porcentagem de matéria seca das espigas no tratamento quincônio que é menor que nos demais tratamentos.

Tabela 23. Peso médio de matéria seca acumulada por planta (g), por tratamento, para períodos de 14 dias, em uma cultura de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501).

Tratamen to (m)	DATA	Dias após a emergência	MATÉRIA SECA ACUMULADA (g)					
			Caule	Folhas	Espigas	Palha das espigas	Panícula	Planta toda
1,00 x 0,20	20-12-78	17	0,69	2,41	---	---	---	3,10
	03-01-79	31	10,33	15,61	---	---	---	25,94
	18-01-79	46	54,36	24,58	1,64	---	4,80	85,38
	01-02-79	60	67,30	29,99	2,29	9,34	5,60	114,52
	15-02-79	74	77,39	32,38	51,58	28,69	6,05	196,09
	01-03-79	88	117,55	32,61	136,46	52,89	5,70	345,21
1,00x0,50x x0,20	20-12-78	17	0,85	2,51	---	---	---	3,36
	03-01-79	31	8,64	15,57	---	---	---	24,21
	18-01-79	46	43,39	23,60	0,69	---	3,25	70,93
	01-02-79	60	66,50	29,81	2,03	11,77	5,78	115,89
	15-02-79	74	84,39	35,00	50,41	27,84	4,94	202,58
	01-03-79	88	91,26	38,03	121,98	23,52	5,86	280,65
Quincôncio	20-12-78	17	0,86	2,50	---	---	---	3,36
	03-01-79	31	8,23	14,09	---	---	---	22,32
	18-01-79	46	43,04	26,77	0,52	---	2,72	73,05
	01-02-79	60	63,33	28,34	2,43	9,31	5,12	108,53
	15-02-79	74	76,44	30,95	46,13	20,58	4,51	178,61
	01-03-79	88	108,90	38,09	106,69	29,74	5,29	288,44

Tabela 24. Matéria seca acumulada em g por metro quadrado de área cultivada com milho, por tratamento, para períodos de 14 dias em *Zea mays* L. var. Gargill 501).

DATA	Dias após a emergência	T R A T A M E N T O		
		1,00m x 0,20m	1,00m x 0,80m x x 0,20m	Quincôncio
20-12-78	17	15,50	23,52	32,59
03-01-79	31	129,70	169,47	216,50
18-01-79	46	426,90	496,51	708,59
01-02-79	60	572,60	811,23	1.052,74
15-02-79	74	980,45	1.418,06	1.732,52
01-03-79	88	1.726,05	1.964,55	2.797,87

Tabela 25. Taxas de produção de matéria seca acumulado em g por metro quadrado por dia, por tratamento, em cultura de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501).

Dias acumulados após da emergência	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x x 0,20m	Quincôncio
17	0,91	1,38	1,92
31	4,18	5,47	6,98
46	8,71	10,79	15,40
60	9,54	13,52	17,54
74	13,24	19,16	23,41
88	19,61	22,32	31,79

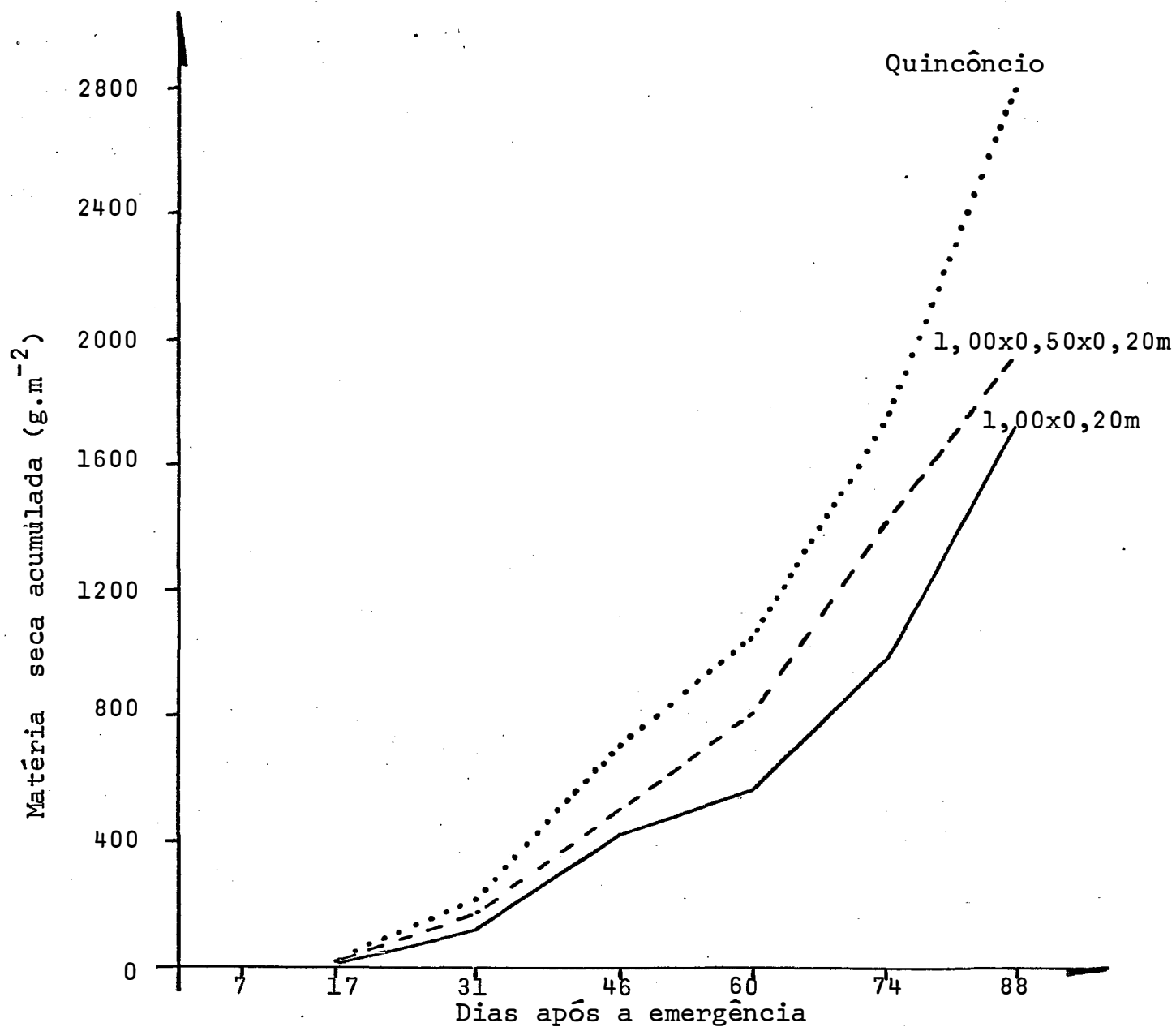


Figura 13.- Variação média de matéria seca acumulada nas plantas de milho, variedade Cargill 501, nos três tratamentos.

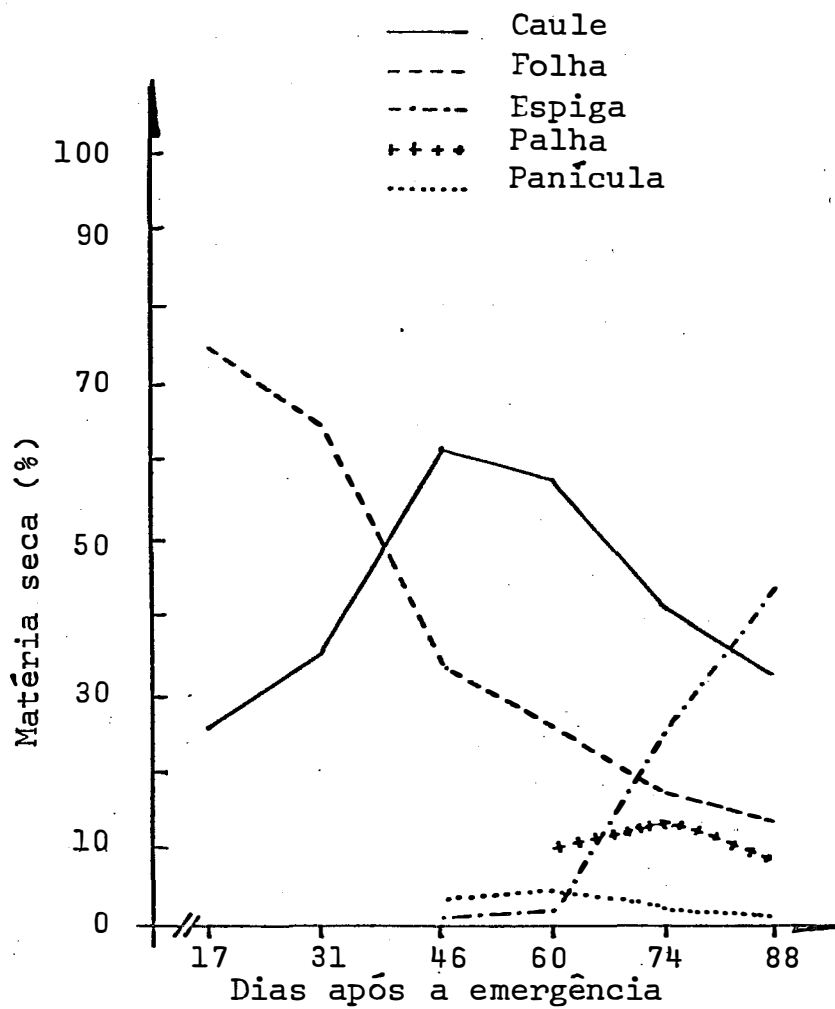


Figura 14.- Distribuição da matéria seca, em porcentagem, dos diferentes órgãos da planta de milho, em função do tempo, para o tratamento 1,00x0,20m.

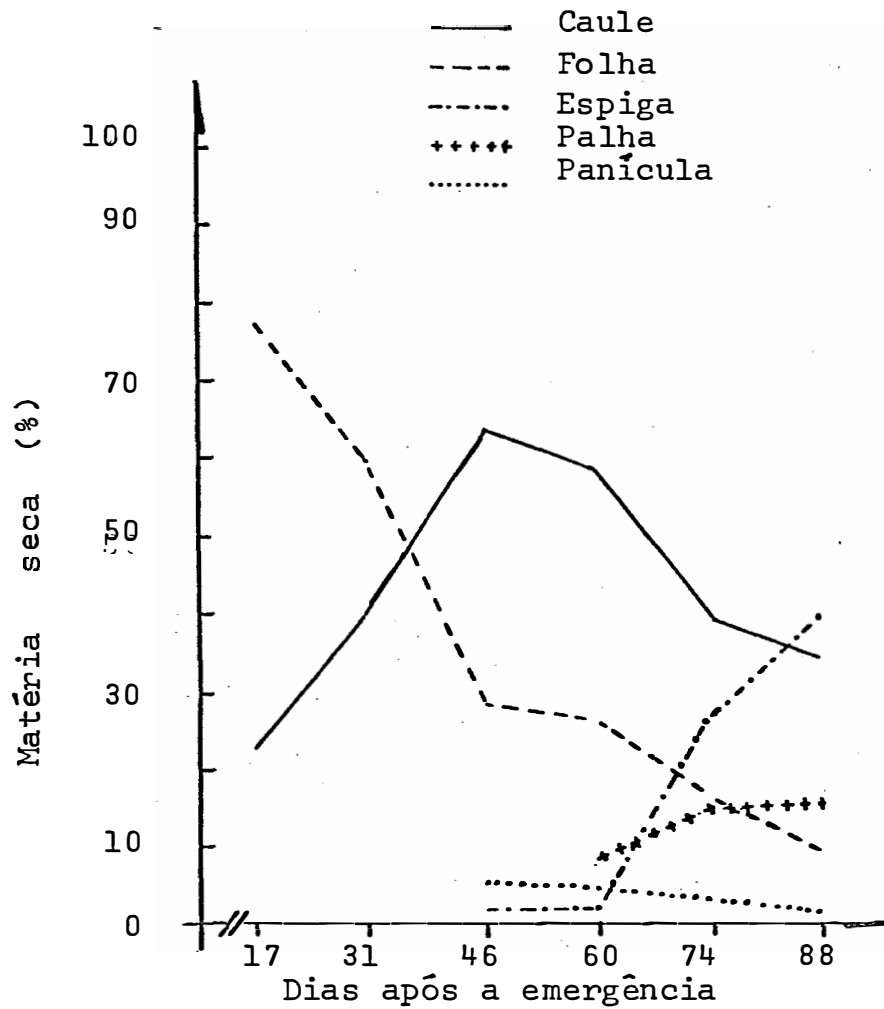


Figura 15.- Distribuição da matéria seca, em porcentagem, dos diferentes órgãos da planta de milho em função do tempo, para o tratamento 1,00x0,50x0,20m.

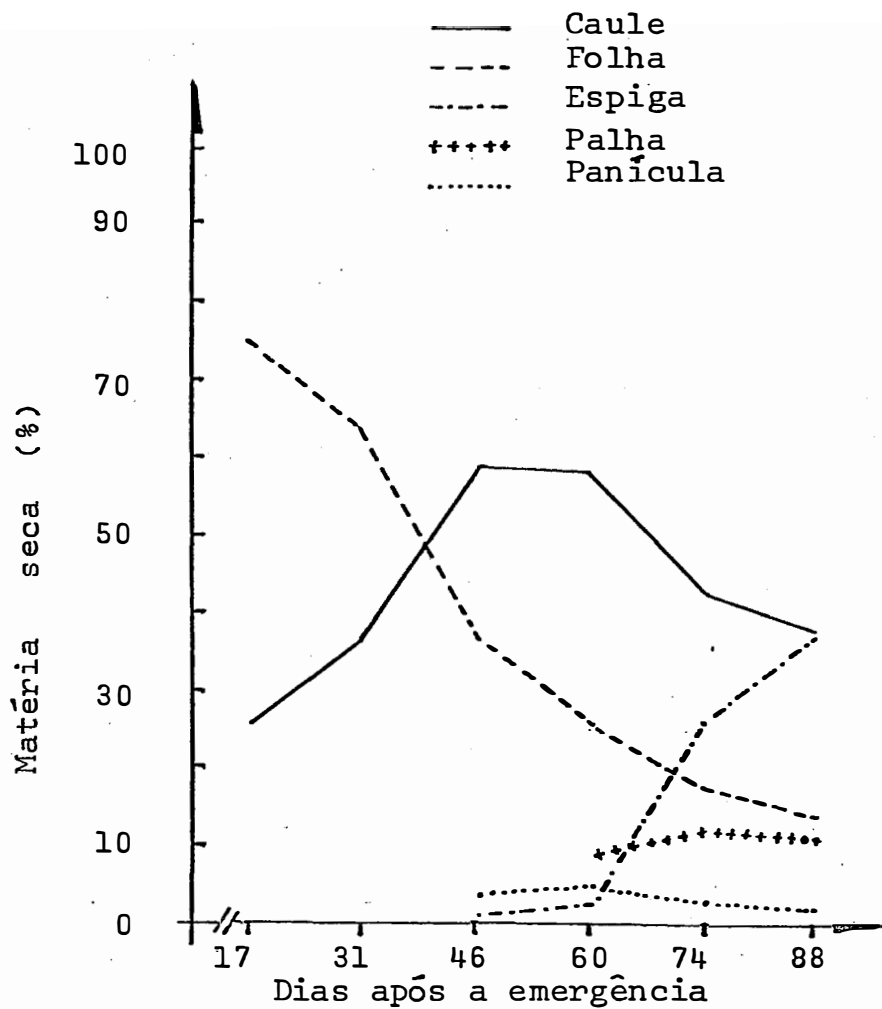


Figura 16.- Distribuição da matéria seca, em porcentagem, dos diferentes órgãos da planta de milho, em função do tempo, para o tratamento quincônio.

Para o cálculo de produção se planejou a colheita das espigas para o dia 12-04-79 ou seja, 130 dias após o plantio, quando os grãos de milho encontravam-se praticamente com baixo teor de umidade, na ordem de 17%, segundo especifica-se na tabela 26, realizou-se a colheita para uma área padrão de 10m^2 , encontrando-se que quase todas as plantas tinham uma espiga. Na parcela quincôncio por ter maior número de plantas por unidade de área se colheu 103 espigas contra 52 espigas na parcela de entre-linhas tradicionais de $1,00\text{m} \times 0,20\text{m}$, quase 50% a menos que a parcela quincôncio, segundo especifica-se na tabela 27.

A totalidade das espigas foram medidas, tanto seu comprimento como seu diâmetro, encontrando-se concordante com a revisão bibliográfica, pois, nas parcelas com menor densidade de população os frutos apresentam-se com maiores dimensões, pela tabela 28 aprecia-se que no tratamento $1,00\text{m} \times 0,20\text{m}$ as dimensões das espigas são maiores que nos outros tratamentos, assim mesmo, o peso médio das espigas e o peso médio das sementes por espiga também foram maiores para o tratamento $1,00\text{m} \times 0,20\text{m}$, segundo verifica-se na tabela 29.

Os dados de produção de grãos por hectare mostram-se na tabela 30, produzindo um pouco mais de 12ton/ha de matéria seca no tratamento quincôncio, contra 7ton/ha para o tratamento $1,00\text{m} \times 0,20\text{m}$, a produção do tratamento $1,00\text{m} \times 0,50\text{m} \times 0,20\text{m}$ foi aproximadamente de 8ton/ha, o rendimento, portanto, foi muito superior no tratamento quincôncio em 70% a mais que a produção obtida na parcela com distanciamento de entre-linhas tradicionais, esta maior produção pode ser explicada pela maior densidade de plantas por hectare, pelo maior índice de área foliar e pelo maior aproveitamento da radiação solar que atinge a cobertura vegetal.

Tendo em conta o bom rendimento obtido no tratamento quincôncio e considerando o reduzido número de repetições efetuadas é recomendável que se efetuem estudos mais profundos com as repetições pertinentes, para realizar análises estatísticas apropriadas e estabelecer assim as vantagens do modelo quincôncio, tornando-lhe comercial com as respectivas modificações agronômicas.

Tabela 26. Umidade média (%) das sementes, em uma cultura de milho, variedade Cargill 501 por tratamento.

UMIDADE (%)	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x x 0,20m	Quincôncio
Umidade média das sementes	16,7	16,4	17,2

Tabela 27. Número de espigas colheitadas em uma cultura de milho, variedade Cargill 501, por tratamento, em uma área de 10m²

COLHEITA	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x x 0,20m	Quincôncio
Nº plantas colhidas	50	66	98
Nº plantas com uma espiga	48	62	93
Nº plantas com duas espigas	2	4	5
Total de espigas colhidas	52	70	103

Tabela 28. Dimensões médias (cm) das espigas colhidas em uma cultura de milho - Variedade Cargill 501, por tratamento.

DIMENSÕES (cm)	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x x 0,20m	Quincôncio
Comprimento médio das espigas	17,1	15,9	16,2
Diâmetro médio das espigas	4,8	4,5	4,6

Tabela 29. Peso médio (g) das espigas e das sementes por espiga, em uma cultura de milho, variedade Cargill 501, por tratamento.

PESO (g)	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x x 0,20m	Quincôncio
Peso médio das espigas	205,0	169,8	185,3
Peso médio das sementes por espiga	164,9	135,3	142,6

Tabela 30. Dados de produção em peso e rendimento comparativo por tratamento, em uma cultura de milho (*Zea mays* L. var. Cargill 501).

PESO (kg/área)	T R A T A M E N T O		
	1,00m x 0,20m	1,00m x 0,50m x x 0,20m	Quin côncio
Peso das sementes (kg/10m ²)	8,5734	9,4722	14,6854
Peso das sementes (kg/ha)	8.573,4	9.472,2	14.685,4
Peso seco das sementes (kg/ha)	7.141,6	7.918,8	12.159,5
Rendimento comparativo (%)	100,0	110,9	170,3

7. CONCLUSÕES

Com base nas discussões e resultados obtidos anota-se como principais conclusões as seguintes:

- 1) A relação entre a radiação infra-vermelha próxima e a radiação solar global que atingem a cobertura vegetal de uma cultura de milho é da ordem de 46% .
- 2) As maiores porcentagens de radiação solar global e fotossinteticamente ativa retidas pela cobertura vegetal corresponderam aos tratamentos de maior densidade de população com 85 e 96% para as duas faixas do espectro e para o tratamento 1,00m x 0,20m correspondeu uma retenção de 80 e 94%.
- 3) As maiores porcentagens de radiação solar global e fotossinteticamente ativa medidas na superfície do solo corresponderam à parcela de menor densidade de população com 26 e 16% respectivamente e nos tratamentos

1,00m x 0,50m x 0,20m e quincôncio corresponderam 21 e 12% para as duas faixas do espectro.

- 4) Os albedos de radiação solar global para os tratamentos quincôncio, 1,00m x 0,20m e 1,00m x 0,50m x 0,20m foram: 18, 17 e 16%.
- 5) A amplitude do albedo da radiação solar global no tratamento 1,00m x 0,20m foi de 13 a 26%. Para o tratamento 1,00m x 0,50m x 0,20m observou-se uma variação de 11 a 24% e para o tratamento quincôncio de 15 a 23%.
- 6) Para os três tratamentos os menores valores de albedo da radiação solar global corresponderam as horas próximas ao meio do dia, sendo os valores máximos observados de manhã e à tarde.
- 7) As plantas de maior altura (244,3cm) corresponderam ao tratamento com maior população, enquanto que no tratamento de menor densidade (1,00m x 0,20m) a altura média foi de 221,0cm.
- 8) O tratamento quincôncio apresentou o maior índice de área foliar com 7,2. O tratamento 1,00m x 0,50m x 0,20m apresentou um valor igual a 4,9, sendo de 3,5 o I.A.F. do tratamento 1,00m x 0,20m.
- 9) A maior produção de matéria seca por unidade de área correspondeu ao tratamento quincôncio com 2.798 g/m², seguindo os tratamentos 1,00m x 0,50m x 0,20m com 1.964 g/m² e finalmente o tratamento 1,00m x 0,20m com 1.726 g/m².
- 10) A maior taxa de crescimento do cultivo correspondeu ao tratamento quincôncio com 31,8 g/m².dia, seguindo os tratamentos 1,00m x 0,50m x 0,20m e 1,00m x 0,20m com 23,3 e 19,6 g/m².dia respectivamente.

8. SUMMARY

Determinations of net fluxes for global solar radiation (0.3 - 3.0 μ m) and PI (0.3 - 0.7 μ m) and their relations to corn growth (*Zea mays* L. var. Cargill 501) planted in three different densities was the objectives of this research:

The following treatments were adapted:

- a) 50,000 plants/ha 1.00m between rows and 0.20m between plants.
- b) 66,667 plants/ha 1.00 and 0.50m between rows and 0.20m between plants.
- c) 98,039 plants/ha with plants equally spaced, 0,34m distant from one another.

For radiation fluxes determinations two Eppley pyranometers were used one with WG-7 and the other with RG-8

domes, as filters.

For growth analysis sampling was done fortnightly on corn plants by measuring stalk leaf areas and heights.

The following conclusions were reached:

- The relation between $K_g \downarrow$ and $K \downarrow$ was 46% ;
- The highest percentage of global solar radiation and PI absorbed by the corn stand, was observed for equal spaced treatments (quincôncio);
- The highest percentage of global solar radiation and PI measured at soil the surface was observed in the plot with 50.000 plants/ha;
- The mean albedo of global solar radiation varied between 16 and 18% , the highest value was observed in the "quincôncio" treatment;
- The amplitude of albedo for global solar radiation was 13 to 26% in the treatment 1,00m x 0,20m. For treatment 1,00m x 0,50m x 0,20m a variation of 11 - 24% was observed, in the "quincôncio", a variation of 15 - 23% was observed.
- The variation of albedo values showed a minimum at noon all the treatments.
- The "quincôncio" showed the highest values for plant height to be 244.3cm, and for other morfological parameters also.

9. LITERATURA CITADA

ALLISON, J.C.S., 1964. A comparison between mayse and wheat in respect of leaf area after flowering and grain growth. Journal of Agricultural Science, 63:1-4.

ALLISON, J.C.S. e D.J.WATSON, 1966. The production and distribution of dry matter in maize after flowering. Annals of Botany, 30:365-381.

ALVIM, R. e P.T.ALVIM, 1969. Efeito da densidade de plantio no aproveitamento da energia luminosa pelo milho (*Zea mays* L.) em culturas exclusivas e consorciadas. Turrialba, 19: 389-393.

ANDERSON, M.C., 1970. Interpreting the fraction of solar radiation available in forest. Agricultural Meteorology, 7:19-28.

- AUBERTIN, G.M. e D.B.PETERS, 1961. Net radiation determinations in a cornfield. Agronomy Journal, 53:269-272.
- BLACK, J.N., 1963. The interrelationship of solar radiation and leaf area index in determining the rate of dry matter production of swards of subterranean clover. Australian Journal of Agricultural Research, 14:20-38.
- CHANG, J., 1968. Climate and Agriculture. Aldine Publishing Company (ed.). Chicago, USA, 304.
- DAVIDSON, J.L. e C.M.DONALD, 1958. The growth of swards of subterranean clover with particular reference to leaf area. Australian Journal Agronomy, 9:53-72.
- DUNCAN, W.G., 1967. Corn yields to meet the challenge. In: Maximum Crop Yields. The Challenge. American Society of Agronomy, 51-56.
- DUNGAN, G.H., A.L.LANG e J.W.PENDLETON, 1958. Corn plant population in relation to soil productivity. Advances in Agronomy, 10:435-474.
- EVANS, G.C., 1966. Model and measurement in the study of woodland light climates. In: Light as an ecological factor. R. Bainbridge, G.C.Evans and O.Rackman (ed.). Blackwell Scientific Publications. Oxford and Edinburgo, 53-76.
- FRANCIS, C.A., J.N.RUTGER e A.F.E.PALMER, 1969. A rapid method for plant leaf area estimation in maize (*Zea mays* L.). Crop Science, 9:537-539.
- GALVÃO, J.D., S.S.BRANDÃO e F.R.GOMES, 1969. Efeito da população de plantas e níveis de nitrogênio sobre a produção de grãos e sobre o peso médio das espigas de milho. Experientiae, 9:39-82.

- GRAHAM, W.G. e K.N.KING, 1961. Short-wave reflection for a field of maize. Quartely Journal of the Royal Meteorology Society, 87:425-428.
- HOYT, P. e R.BRADFIELD, 1962. Effect of varying leaf area by partial defoliation and plant density on dry matter production in corn. Agronomy Journal, 54:523-525.
- JARAMILLO, R.A., 1979. Balanço de radiação solar em *Coffea arabica* L., variedades Catuai e Bourbon amarelo (Tese de Mestrado), ESALQ - Piracicaba, SP. 68pp.
- KASANAGA, A. e M.MONSI, 1954. On the light transmission of leaves, and its Meaning for the Production of matter in plant communities. Japanese Journal of Botany, 15:304-324.
- LEMEUR, R. e N.J.ROSENBERG, 1975. Reflectant induced modification of soybean canopy radiation balance. II. A quantitative and qualitative analysis of radiation reflected from a green soybean canopy. Agronomy Journal, 67:301-306.
- LINVILL, D.E. e R.F.DALE, 1975. Population density and sampling location effects on net radiation measurements over corn. Agronomy Journal, 67:463-468.
- LOOMIS, R.S. e W.A.WILLIAMS, 1963. Maximum crop productivity: An estimate, Crop Science, 3:67-72.
- LOPES, N.F., 1973. Análise de crescimento e conversão da energia solar em população de milho (*Zea mays* L.) em Viçosa, MG (Tese de Magister Scientiae), 61 p.
- MONTEITH, J.L., 1959. The reflection of short wave radiation by vegetation. Quartely Journal Royal Meteorology Society, 85:386-392.

- MONTEITH, J.L. e G.SZEICZ, 1961. The radiation balance of base soil and vegetation. Quartely Journal of the Royal Meteorology Society, 87:159-169.
- MONTEITH, J.L., 1965. Light distribution and photosynthesis in field crops. Annals of Botany, 29(113):17-37.
- MONTEITH, J.L., 1969. Light interception and radiation exchange in crop stands. In: Physiological aspects of crop yield. J.D.Eastin (ed.). Madison. American Society of Agronomy, 89-115.
- MOSS, D.M., R.B.MUSGRAVE e E.R.LEMON, 1961. Photosynthesis under field conditions: III. Some effects of light, carbon dioxide. Temperature of corn. Crop Science, 1:83-87.
- PRINE, G.M. e V.N.SCHRODER, 1964. Above soil environment limits yields of semiprolific corn as plant population increases. Crop Science, 4:361-362.
- RANZANI, G., O.FREIRE e T.KINJO, 1966. Cartas de solos do Município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ-USP, 45-46.
- REICHARDT, K. e P.L.LIBARDI, 1974. An analysis of soil water movement in the field: I. Hidrological field site characterization. CENA (BC-021), Piracicaba, SP. 21 p.
- REICHARDT, K., F.GROHMANN, P.L. LIBARDI e S.V.QUEIROZ, 1976. Spatial variability of physical properties of a tropical soil: I - Geometric Properties. CENA (BT - 004), Piracicaba, SP. 27 p.
- ROSS, J., 1975. Radiative transfer in plant communities. In: Vegetation and the atmosphere. J.L.Monteith (ed.). Academy Press, London, (1):13-56.

- SAEKI, T., 1963. Light relations in plant communities. In: Environmental control of plant growth. L.T.Evans (Ed.). Academic Press, N.Y., 79-94.
- SANTOS, J.M. dos, 1957. Contribuição aos estudos para determinação do albedo. (Tese de Doutorado). ESALQ-USP, Piracicaba, SP. 42 p.
- SANTOS, J.M. dos, 1978. Estudos de balanço de radiação solar em áreas cultivadas com milho (*Zea mays* L.) var. Piranão. Piracicaba, SP, ESALQ-USP. (Tese de Livre-Docência), 114 p.
- SINCLAIR, T.R. e E.R.LEMON, 1974. Penetration of photosynthetically active radiation in corn canopies. Agronomy Journal, 66:201-205.
- STERN, W.R. e C.M.DONALD, 1962. The influence of leaf area and radiation of the growth of clover in swards. Australian Journal of Agricultural Research, 13:615-623.
- VERHAGEN, A.M.W., J.H.WILSON e E.J.BRITTEN, 1963. Plant production in relation to foliage illuminator. Annals of Botany, 27(108):627-640.
- WATSON, D.J., 1952. The physiological basis of variation in yield. Advances in Agronomy, 4:101-145.
- WHIGHAM, D.K. e D.G.WOOLEY, 1974. Effect of leaf orientation, leaf area, and plant densities on corn production. Agronomy Journal, 66:482-486.
- WILLIAMS, W.A., R.S.LOOMIS e C.R.LEPEY, 1965a. Vegetative growth of corn as affect by population density. I. Productivity in relation to interception of solar radiation. Crop Science, 5:211-215.

- WILLIAMS, W.A., R.S.LOOMIS e C.R.LEPLEY, 1965b. Vegetative growth of corn as affect by population density. II. Components of growth, net assimilation rate and leaf area index. Crop Science, 5:215-219.
- WILLIAMS, C.N. e R.T. JOSEPH, 1974. Climate soil and crop production in the humid tropics. Oxford University Press, London, 177 p.
- YAO, P., 1977. Evolução do sistema foliar e resposta à radiação em três variedades de soja (*Glycine max* L.). Piracicaba, SP, ESALQ-USP (Tese de Mestrado), 57 p.