

JOAQUIM BRANCO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO BALANÇO DE RADIAÇÃO E DE SEUS COMPONENTES
NA REGIÃO AMAZÔNICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

**VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
AGOSTO DE 2000**

JOAQUIM BRANCO DE OLIVEIRA

**ANÁLISE DO BALANÇO DA RADIAÇÃO E DE SUES COMPONENTES
NA REGIÃO AMAZÔNICA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Curso de Meteorologia Agrícola, para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

APROVADA: 20 de agosto de 2000.

Prof. Adílio Fanzino

Prof. Aristides Ribeiro
Conselheiro

Prof. Evandro Ferreira Passos

Prof. Sérgio Zolnier

José Maria Nogueira da Costa
(Orientador)

A Deus. A meu pai Joaquim Nenzinho Branco, a minha mãe Francisca Fernandes de Oliveira e a meu irmão Raynério Branco de Oliveira, que me apoiaram, incondicionalmente, nessa jornada.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realizar o curso.
À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Prof. José Maria Nogueira da Costa, pelo apoio e orientação.

Ao Prof. José Ferreira da Costa Filho, pelo incentivo dado na graduação.

Aos Professores da disciplina ENG 210, Aristides Ribeiro e Pulo José Hamakawa, pela amizade e estímulo nas aulas de monitoria.

A Tônico, meu primo e acima de tudo grande amigo.

Aos colegas de curso, em especial, Ana Elisa, Alesxandra, Graça, Tarcísio e Solon.

Aos funcionários de Departamento de Engenharia Agrícola, em especial, Edna, Chiquinho, Fernanda e Seu Tininho.

BIOGRAFIA

JOAQUIM BRANCO DE OLIVEIRA, filho de Joaquim Nenzinho Branco e Francisca Fernandes de Oliveira, nasceu em 31 de julho de 1971, em Iguatu – CE.

Em dezembro de 1990 concluiu o curso Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Iguatu.

Em julho de 1996 recebeu o título de Engenheiro Agrônomo pela Universidade Federal da Paraíba e ingressou, em agosto do mesmo ano, no Curso de Pós-Graduação em Meteorologia Agrícola na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

No dia 15 de agosto de 2000, defendeu tese, como parte das exigências para obtenção do título de “*Magister Scientiae*”.

CONTEÚDO

	Página
CONTEÚDO.....	v
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
EXTRATO.....	xiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Balanço de radiação em florestas tropicais.....	3
2.2. Balanço de radiação de ondas longas.....	6
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1. Sítios experimentais.....	12
3.2. Dados meteorológicos.....	14
3.3. Análise da distribuição de freqüência dos componentes do balanço de radiação.....	16
3.4 Estimativa do balanço da radiação de ondas longas.....	16
3.5. Variação sazonal da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) na reserva floresta de Caxiuanã.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19

4.1. Análise da distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação.....	19
4.2. Avaliação dos modelos de estimativa do balanço de radiação de ondas longas em áreas de floresta e de pastagem na região amazônica.	40
4.3. Variação sazonal da radiação fotossinteticamente ativa (par) na reserva florestal de Caxiuanã, em Melgaço – PA.....	47
5. RESUMO E CONCLUSÕES	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	53
APÊNDICES	57
APÊNDICE A	58
Distribuição de Frequência em Base Mensal da Irradiância Solar Global nos Sítios Experimentais de Floresta e de Pastagem em Ji-Paraná - RO .	58
APÊNDICE B	64
Histograma de Frequência Observada Esperada e Normal da Série Total de Dados nos Sítios Experimentais de Floresta e Pastagem do Projeto ABRACOS	64

LISTA DE QUADROS

	Página
Quadro 1: Modelos de estimativa de emitância para a radiação de onda longa atmosférica.....	8
Quadro 2: Coordenadas geográficas das localidades estudadas e altura da torre micrometeorológica	12
Quadro 3: Dias analisados nos sítios experimentais	15
Quadro 4: Estatística descritiva das características da distribuição de frequência dos componentes do balanço da radiação nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná - RO	20
Quadro 5: Estatística descritiva das características da distribuição de frequência dos componentes do balanço da radiação nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Manaus - AM.....	21
Quadro 6: Estatística descritiva das características da distribuição de frequência dos componentes do balanço da radiação nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Marabá - PA.....	21
Quadro 7: Distribuição de frequência que melhor se ajusta aos dados mensais dos componentes do balanço de radiação.....	30

Quadro 8: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Reserva Jaru, em Ji-Paraná – RO.....	31
Quadro 9: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Fazenda Nossa Senhora, em Ji-Paraná – RO.....	32
Quadro 10: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Reserva Ducke, em Manaus – AM.....	33
Quadro 11: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na fazenda dimona, em manaus – am.	34
Quadro 12: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Reserva Vale do Rio Doce, em Marabá – PA.....	35
Quadro 13: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Fazenda Boa Sorte, em Marabá – PA.....	36
Quadro 14: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, monteith & szejcz (1961) e de gay (1969), na Reserva Jaru em Ji-Paraná- RO.	41
Quadro 15: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, monteith & szejcz (1961) e de gay (1969), na Fazenda Nossa Senhora Aparecida em Ji-Paraná – RO.	41
Quadro 16: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, monteith & szejcz (1961) e de gay (1969), na Reserva Ducke em Manaus – AM.....	42
Quadro 17: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, monteith	

& szejcz (1961) e de gay (1969), na Fazenda Dimona em Manaus – AM.....	42
Quadro 18: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, monteith & szejcz (1961) e de gay (1969), na Reserva Vale do Rio Doce em Marabá – PA.....	43
Quadro 19: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, monteith & szejcz (1961) e de gay (1969), na Fazenda Boa Sorte em Marabá – PA.	43

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1: Arco do desflorestamento na Amazônia Legal brasileira e localização dos sítios experimentais.....	13
Figura 2: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Reserva floresta de Jarú, em Ji-Paraná - RO.....	23
Figura 3: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, em Ji-Paraná - RO.	24
Figura 4: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Reserva Ducke, em Manaus - AM.	25
Figura 5: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Fazenda Dimona, em Manaus - AM.	26
Figura 6: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Reserva Vale do Rio Doce, em Marabá - PA.....	27
Figura 7: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Fazenda Boa Sorte, em Marabá - PA.	28
Figura 8: Assimetria e curtose do saldo de radiação nos sítios de floresta e de pastagem em Ji-Paraná - RO, Manaus - AM e Marabá - PA.....	38

Figura 9: Assimetria e curtose da irradiância solar global nos sítios de floresta e pastagem de Ji-Paraná - RO, Manaus - AM e Marabá - PA.....	39
Figura 10: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Reserva Jarú em Ji-Paraná - RO.....	44
Figura 11: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Fazenda Nossa Senhora em Ji-Paraná - RO.....	44
Figura 12: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas, determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Reserva Ducke em Manaus - AM.	45
Figura 13: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas, determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Fazenda Dimona em Manaus - AM.	45
Figura 14: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas, determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Reserva Vale do Rio Doce em Marabá - PA.	46
Figura 15: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas, determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos	

modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Fazenda Boa Sorte em Marabá - PA.	46
Figura 16: Radiação fotossinteticamente ativa média horária mensal, no período de abril a agosto de 1999, na Reserva Florestal de Caxiuanã. ...	47
Figura 17: Razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global associada a precipitação na Reserva Florestal de Caxiuanã - PA.	48
Figura 18: Razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global no período diurno de 7:00 às 17:00 h, na Reserva Florestal de Caxiuanã, em Melgaço - PA.	49
Figura 19: Radiação fotossinteticamente ativa diária em função da irradiância solar global diária na Reserva de Caxiuanã - PA.	50
Figura 20: Radiação fotossinteticamente ativa horária em função da irradiância solar global horária na Reserva de Caxiuanã - PA.	50

EXTRATO

OLIVEIRA, Joaquim Branco de, M. S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2000. **Análise do balanço da radiação e de seus componentes na região amazônica**. Professor Orientador: José Maria Nogueira da Costa. Professores Conselheiros: Aristides Ribeiro e Marcos Heil Costa.

A distribuição de frequência de valores médios horários, entre 10:00 e 14:00 h, de dados do balanço de radiação e de seus componentes, em base mensal e anual foram analisadas. Avaliou-se dois modelos de estimativa do balanço de radiação de ondas longas, nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná – RO, Manaus – AM e Marabá- PA, e caracterizou-se a variação sazonal da radiação fotossinteticamente ativa na Reserva florestal de Caxiuanã, em Melgaço - PA. Foram utilizados dados horários de irradiância solar global, radiação solar refletida, saldo de radiação, temperatura de bulbo seco e de bulbo molhado, e precipitação pluvial, coletados nos sítios experimentais de floresta e de pastagem do projeto ABRACOS. No sítio experimental de Caxiuanã, além dessas medições também foram feitas medições da radiação fotossinteticamente ativa (PAR). As diferenças entre a distribuição de frequência

acumulada dos valores médios horários dos componentes do balanço da radiação, em base anual, e às correspondentes distribuições normais, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5% de probabilidade. Todavia, a distribuição normal não se mostrou adequada para descrever a distribuição de frequência mensal dos referidos dados dos componentes do balanço de radiação. A avaliação dos modelos de estimativa do balanço de radiação de ondas longas, com base no erro padrão da estimativa e no erro percentual médio, mostrou que o modelo proposto por GAY (1969) foi superior ao modelo de MONTEITH & SZEICZ (1961) em todos os sítios experimentais de floresta e de pastagem estudados, durante todos os meses do ano. A razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global, na Reserva Florestal de Caxiuanã - PA, apresentou pequena variação sazonal, variando de $0,45 \pm 0,01$ em abril (período mais chuvoso) a $0,44 \pm 0,01$ em agosto (período menos chuvoso), tendo-se obtido um valor médio de 0,44 para todo o período de abril a agosto.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Joaquim Branco de, M. S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2000. **Análise do balanço da radiação e de seus componentes na região amazônica**. Professor Orientador: José Maria Nogueira da Costa. Professores Conselheiros: Aristides Ribeiro e Marcos Heil Costa.

1. INTRODUÇÃO

A análise do balanço radiação e de seus componentes em florestas tropicais, vem sendo utilizada ultimamente para se avaliar a influência do desmatamento e da queima de biomassa nas variações do clima em escala local, regional e global. Esses resultados são fundamentais na validação de simulações de modelos climáticos além de serem úteis em muitas aplicações do conhecimento da radiação solar, tais como, meteorologia, agronomia, hidrologia e engenharia.

Apesar da importância do conhecimento do saldo de radiação e de seus componentes, além da sua variabilidade temporal e espacial, pouco se conhece sobre a climatologia da radiação solar em ecossistemas florestais. No Estado do Amazonas, existem apenas 5 estações climatológicas, com uma série de dados de pelo menos 30 anos, pertencentes ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Contudo, nessas estações não são realizadas medições do balanço de radiação e de componentes.

A radiação fotossinteticamente ativa (PAR), na faixa de comprimento de onda de 400 a 700 μm , necessária para a modelagem da fotossíntese de plantas e fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas, também não é incluída entre as medições rotineiras das estações meteorológicas do INMET. A

realização de projetos científicos na Região Amazônica, como o projeto ABRACOS (Anglo Brazilian Amazonian Climate Observation Study), permitiu que fossem realizadas medições contínuas, em base horária, do saldo de radiação e de seus componentes durante o período experimental de 5 anos.

Os componentes do balanço de radiação de ondas longas, na maioria dos estudos são geralmente estimados com base em formulações empíricas que utilizam dados meteorológicos, como a temperatura do ar e a pressão de vapor. Exemplos desse tipo de procedimento são as equações propostas por BRUNT (1932), SWINBANK (1963), IDSO e JACKSON (1969), WRIGHT e JENSEN (1972), BRUTSAERT (1975), AASE e IDSO (1978), SATTERLUND (1979), IDSO (1981) e HERMANN et al. (1985).

Considerando que medições da radiação solar ainda são muito escassas no Brasil, especialmente na Região Amazônica, o presente trabalho pretende atingir os seguintes objetivos:

- a) Analisar a distribuição de frequência do saldo de radiação e de seus componentes nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná – RO, Manaus – AM, e Marabá – PA;
- b) Testar os modelos de MONTEITH e SZEICZ (1961) e de GAY (1969) na estimativa do balanço de radiação de ondas longas nos referidos sítios experimentais;
- c) Analisar a variação sazonal da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) na Reserva Florestal de Caxiuanã, em Melgaço – PA.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Balanço de radiação em florestas tropicais

O balanço de radiação à superfície pode ser expresso em função dos seus componentes conforme a Equação 1.

$$H_n = H - \alpha H + H_1\downarrow - H_1\uparrow \quad \text{Eq. 1}$$

em que,

H_n = saldo de radiação (W.m^{-2});

H = irradiância solar global (W.m^{-2});

αH = radiação solar refletida (W.m^{-2});

α = albedo;

$H_1\downarrow$ = radiação de onda longa emitida pela atmosfera e recebida pela superfície (W.m^{-2});

$H_1\uparrow$ = radiação de onda longa emitida pela superfície (W.m^{-2}).

Nenhum dos componentes da equação 1, é medido rotineiramente nas estações climatológicas do Instituto Nacional de Meteorologia instaladas na Região Amazônica.

Os primeiros estudos sobre balanço de radiação na Região Amazônica, que permitiram quantificar os componentes do balanço de radiação acima da copa das árvores, na forma expressa pela equação 1, ocorreram na Reserva Ducke, em Manaus - AM, envolvendo a participação de pesquisadores brasileiros e pesquisadores ingleses do Institute of Hydrology, durante o Experimento Micrometeorológico da Região Amazônica (ARME), entre 1983 e 1985. Segundo MANZI et al. (1986), destacam-se entre os resultados obtidos em cinco campanhas intensivas de pesquisas micrometeorológicas desse experimento a obtenção do valor médio de 0,15 para o albedo da floresta. Os mesmos autores também destacaram o registro dos seguintes valores máximos dos componentes do balanço da radiação nesse experimento: saldo de radiação, 689 W.m^{-2} , irradiância solar global, 915 W.m^{-2} , radiação solar refletida, 109 W.m^{-2} e balanço da radiação de ondas longas. -126 W.m^{-2} .

Os dados obtidos nesse experimento foram utilizados para calibrar todos os modelos de circulação geral (GCM) em estudos sobre a influência do desmatamento no clima. Segundo GASH et al. (1996), apesar das medições na floresta da Reserva Ducke serem razoavelmente representativas de uma boa parte da Amazônia Central, havia uma grande necessidade de dados experimentais em pastagens que ocupava as áreas desmatadas, para calibração de modelos climáticos.

Esta foi a principal motivação de outra colaboração anglo-brasileira na Região Amazônica com o projeto ABRACOS (Anglo Brazilian Amazonian Observation Study), cujo principal objetivo era a coleta de dados em sítios experimentais de floresta e de pastagem, representativos do leste, centro e sudoeste da Amazônia, para a calibração de modelos climáticos visando melhorar as previsões dos impactos climáticos causados pelo desmatamento na Amazônia.

Cerca de 30 trabalhos utilizando dados do projeto ABRACOS foram publicados no livro *Amazonian Deforestation and Climate*, editado por GASH et

al. (1996). Dentre os trabalhos resultantes do projeto ABRACOS, relacionados com o balanço de radiação destacam-se BASTABLE et al. (1993), RIBEIRO (1994), CULF et al (1996), RESCHKE (1997) e LYRA et al. (1999).

Segundo CULF et al. (1996) o saldo de radiação em áreas de pastagem foi 11% inferior às áreas de floresta, devido principalmente à diferença de albedo e balanço de radiação de ondas longas entre essas áreas. Nas áreas experimentais do projeto ABRACOS, não foram feitas medições dos componentes do balanço de radiação de ondas longas. O balanço de radiação de ondas longas foi determinado pela diferença entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas. Os referidos pesquisadores constataram que o balanço de radiação de ondas longas em pastagem foi em média 13,2 % maior do que em áreas de floresta.

RIBEIRO (1994) analisando dados do projeto ABRACOS em Marabá-PA, constatou que os valores médios do albedo, durante a estação seca, foram 18,3% para a pastagem e 15,7% para a floresta, sendo constatados contrastes bem definidos nos componentes do saldo de radiação entre as áreas de floresta e de pastagem, especialmente no que se refere ao albedo e saldo total de radiação. Durante a estação chuvosa, o albedo médio variou de 18,2% na pastagem a 13,2% na floresta, os valores médios do saldo total de radiação foram maiores na floresta, comparados com os da pastagem, especialmente, durante a estação seca. O referido pesquisador também estabeleceu regressões lineares entre o saldo total de radiação e radiação solar global e saldo total de radiação e saldo de radiação de ondas curtas, para as estações seca e chuvosa, tendo obtido coeficientes de determinação que variaram de 0,996 a 0,998.

Constatou-se nessa revisão de literatura, sobre balanço de radiação na Região Amazônica, que a média, é a medida estatística de tendência central mais utilizada para descrever os componentes do balanço de radiação, embora nenhuma análise de distribuição de frequência tenha sido realizada.

2.2. Balanço de radiação de ondas longas

O balanço de radiação de ondas longas geralmente é estimado com base em formulações empíricas que utilizam elementos meteorológicos, como a temperatura do ar e a pressão de vapor. Procedimentos desse tipo são as equações propostas por ANDERSON (1954), BUDYKO (1956), citados por SANTOS et al. (1981), e por BRUNT (1932) e SWINBANK (1963). De uma forma geral, todos os métodos de estimativa do balanço de radiação de ondas longas são derivados da lei de Stefan-Boltzmann, conforme a Equação 2:

$$H_l = \varepsilon \sigma T_s^4 \quad \text{Eq. 2}$$

em que,

ε = emissividade;

σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-4}$); e

T_s = temperatura da superfície (K).

O balanço de radiação de ondas longas consiste em duas componentes básicas: a radiação de ondas longas emitida pela superfície ($H_l\uparrow$), que é função da emissividade (ε_s) e da temperatura (T_s) da superfície, e a contra-radiação da atmosfera ($H_l\downarrow$), que é função da temperatura do ar (T_a), do conteúdo de água precipitável na atmosfera e da cobertura de nuvens. O balanço de radiação de ondas longas pode ser expresso pela Equação 3 :

$$H_l = H_l\uparrow - H_l\downarrow = \varepsilon_s \sigma T_s^4 - \varepsilon_a \sigma T_a^4 \quad \text{Eq. 3}$$

em que,

$H_l\uparrow$ = radiação de onda longa emitida pela superfície;

$H_l\downarrow$ = radiação de onda longa emitida pela atmosfera;

ε_s = emissividade da superfície;

ε_a = emissividade da atmosfera;

T_s = temperatura da superfície (K); e

T_a = temperatura do ar (K).

De acordo com uma revisão realizada pela FAO (FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION) (1991), a emissividade de uma superfície totalmente vegetada apresenta pouca variabilidade, tendo o seu valor compreendido entre 0,94 e 0,98. Valores semelhantes para a emissividade também foram recomendados por JENSEN et al. (1989).

O balanço de radiação de onda longa precisa ser determinado em qualquer estudo em que se pretende avaliar o balanço de radiação à superfície. Como não existem medições rotineiras dos componentes do balanço de radiação de onda longa, sua estimativa é feita a partir de elementos meteorológicos.

Muitos modelos foram propostos para estimar a radiação de ondas longas proveniente da atmosfera. Em sua maioria, os modelos são conjecturas teóricas e derivadas do espectro de emissão de gases. Por outro lado, os modelos empíricos são derivados de um tratamento estatístico de correlação entre os valores medidos de radiação de ondas longas emitida pela atmosfera e às medições feitas à superfície.

IDSO (1981) com base num levantamento dos métodos de estimativa de radiação de ondas longas emitida pela atmosfera sugeriu dois modelos baseados na pressão de vapor e na temperatura do ar. Segundo este autor as primeiras equações para estimativa da radiação de ondas longas da atmosfera foram propostas por Ångström e Brunt no início deste século. Na década de 60 surgiram as equações de Idso & Jackson e de Swinbank, que utilizavam apenas a temperatura, e em 1975, Brutsaert sugeriu uma formulação para a radiação de ondas longas da atmosfera baseada apenas na pressão de vapor. Um resumo de formulações de emitância para a radiação atmosférica de onda longa feito por HATFIELD et al. (1983) é apresentado no Quadro 1.

PRATA (1996) propôs um modelo para estimativa da emissividade atmosférica, baseado na temperatura do ar, pressão de vapor d'água e teor de

água precipitável, conforme as Equações 4 e 5, testando-o com um modelo de transferência radiativa.

$$\varepsilon_a = 1 - (1 + \xi) \exp[-(1,2 + 3,0\xi)^{1/2}] \quad \text{Eq. 4}$$

$$\xi = 46,5 (e/T_a) \quad \text{Eq. 5}$$

em que,

ξ = teor de água precipitável;

e = pressão de vapor (hPa); e

T_a = temperatura do ar (K).

Quadro 1: Modelos de estimativa de emitância para a radiação de onda longa atmosférica

Método	Fórmula de ε_a	Referência
Brunt	$0,51 + 0,66 e^{1/2}$	Brunt (1932)
Swinbank	$0,92 \cdot 10^{-5} T_a^2$	Swinbank (1963)
Idso-Jackson	$1 - 0,261 \exp[-7,77 \cdot 10^{-4}(273 - T_a)]$	Idso e Jackson (1975)
Brutsaert 1	$0,533 e^{1/7}$	Brutsaert (1975)
Brutsaert 2	$0,575 e^{1/7}$	Idso (1981)
Idso 1	$0,179 e^{1/7} \exp(350/T_a)$	Idso (1981)
Idso 2	$0,70 + 5,95 \cdot 10^{-5} e \exp(1500/T_a)$	Idso (1981)

e = pressão de vapor em milibar; T_a = temperatura do ar em graus Kelvin.

Com base no modelo de estimativa da radiação de onda longa emitida pela atmosfera, proposto por Ångström, DILLEY e O'BRIEN (1998) derivaram um modelo de emitância atmosférica para radiação de onda longa. Como a maioria dos modelos propostos são elaborados para condições de céu claro, torna-se necessário o ajuste das equações para a presença de nuvens. VILA NOVA, citado por ESPÍNOLA SOBRINHO (1987) sugeriu, para a emitância de ondas longas do modelo de Brunt, a introdução de um fator de correção U para dias nublados, conforme as Equações 6 e 7.

$$\varepsilon = (0,09\sqrt{e} - 0,56) \cdot U \quad \text{Eq. 6}$$

$$U = 0,1 + 0,9 n/N \quad \text{Eq. 7}$$

em que,

ε = emitância;

n = duração do brilho solar observado; e

N = duração astronômica do período diurno.

MONTEITH e SZEICZ (1961) e GAY (1969), propuseram modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, baseado no saldo de radiação e na irradiância solar global, conforme as Equações 8 e 9.

$$H_l = a/b - [(1-b)/b] H_n \quad \text{Eq. 8}$$

$$H_l = a + (b-1)(1-\alpha)H \quad \text{Eq. 9}$$

em que,

a = coeficiente linear de regressão; e

b = coeficiente angular.

Os coeficientes a e b foram estimados a partir da regressão entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de onda curta, de acordo com a Equação 10.

$$H_n = a + b \cdot \text{Boc} \quad \text{Eq. 10}$$

em que,

H_n = saldo de radiação;

BOC = balanço de radiação de onda curta;

a = coeficiente linear da regressão; e

b = coeficiente angular da regressão.

Os mesmos autores propuseram dois coeficientes, o coeficiente de aquecimento (β), que representa a parte do saldo de radiação que é convertida em radiação de ondas longas, e o coeficiente de troca de radiação de onda longa (λ), que indica a variação do balanço de radiação de ondas longas sobre uma superfície por unidade de variação de radiação solar absorvida. As equações 11 e 12 são utilizadas para a determinação desses coeficientes.

$$\beta = (1-b)/b \quad \text{Eq. 11}$$

$$\lambda = b-1 \quad \text{Eq. 12}$$

em que,

β = coeficiente de aquecimento;

λ = coeficiente de troca de onda longa; e

b = coeficiente angular da regressão estimado anteriormente.

Segundo RIBEIRO (1994), o coeficiente β apresentou maior variabilidade na pastagem do que na floresta, em Marabá-PA. Os valores de β em pastagem variaram de 0,241, na estação seca, a 0,437, na estação chuvosa, enquanto na floresta a variação foi de 0,107, na estação seca, a 0,092 na estação chuvosa. Os valores de λ , na pastagem, variaram de $-0,194$ na estação seca, a $-0,304$ na estação chuvosa, enquanto na floresta a variação foi de $-0,097$ na estação seca a 0,085 na estação chuvosa.

Estimativas dos componentes do balanço de radiação, com base em dados de satélites geoestacionários vem apresentando resultados bastante satisfatórios. PEREIRA et al. (1996) encontraram erros percentuais médios de 8 a 24 % entre a

irradiância estimada por meio de satélites e os dados medidos em 22 piranômetros distribuídos em várias estações meteorológicas do Brasil.

Outra alternativa a ser considerada na estimativa dos componentes do balanço de radiação consiste na utilização de modelos computacionais, que fazem uso de equações de transferência radiativa na atmosfera. Dentre esses modelos, destaca-se o programa LOWTRAN 6, que calcula a transmitância atmosférica e radiâncias espectrais entre 350 e 40.000 cm^{-1} , com alta resolução espectral (intervalo de número de onda de 20 cm^{-1}). Este modelo, desenvolvido pelo setor de Ótica Física da Força Aérea Americana, inclui a absorção contínua pelo vapor d'água, o espalhamento Rayleigh, a radiação difusa solar/lunar, a refração atmosférica, os efeitos de curvatura de Terra, distribuições verticais padrão de aerossóis, além de permitir a entrada de perfis observados ou estimados. O programa oferece a opção de utilização de perfis atmosféricos padrões de temperatura, umidade e concentração de aerossóis (KNEIZYS, et al., 1983).

3. MATERIAL E MÉTODOS

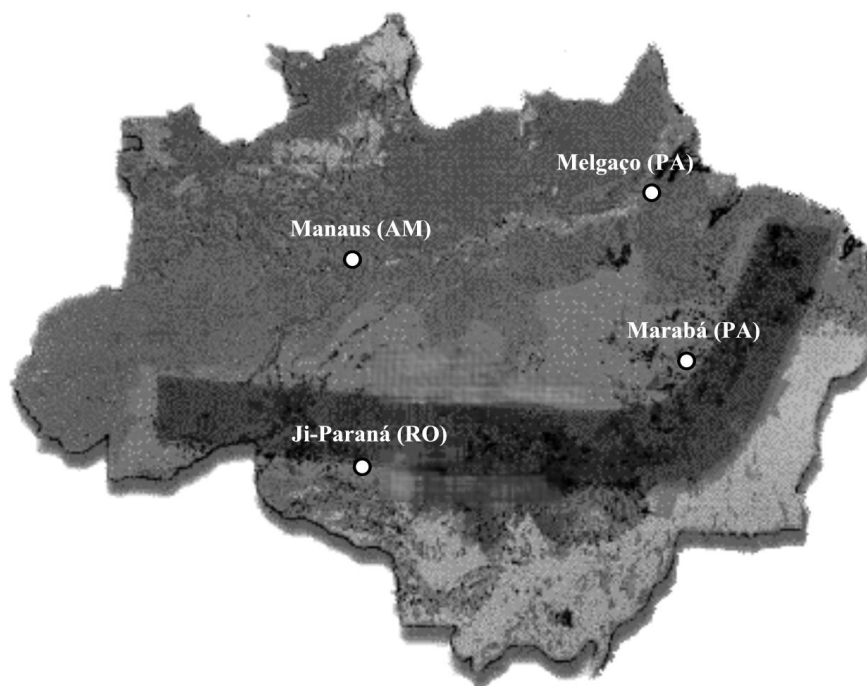
3.1. Sítios experimentais

Os dados utilizados neste trabalho foram coletados nos sítios experimentais, cujas coordenadas geográficas estão apresentadas no Quadro 2. A Figura 1 ilustra a localização dos sítios experimentais, destacando o arco do desflorestamento na Amazônia Legal brasileira.

Quadro 2: Coordenadas geográficas das localidades estudadas e altura da torre micrometeorológica

Sítio Experimental	Local	Lat./Long.	Altitude	Alt. Est.
Reserva Jaru (RJ)	Ji-Paraná, RO	10° 05' S 61° 55' W	120 m	52 m
Fazenda Nossa Senhora (NS)	Ji-Paraná, RO	10° 45' S 62° 22' W	220 m	5 m
Reserva Ducke (RD)	Manaus, MA	2° 57' S 59° 57' W	80 m	45 m
Fazenda Dimona (FD)	Manaus, MA	2° 19' S 60° 19' W	120 m	5 m
Reserva Vale do Rio Doce (RV)	Marabá, PA	5° 45' S 49° 10' W	90 m	52 m
Fazenda Boa Sorte (BS)	Marabá, PA	5° 10' S 48° 45' W	170 m	5 m
Caxiuanã (CX)	Melgaço, PA	1° 42' S 51° 31' W	---	55 m

O período chuvoso em Ji-Paraná vai de dezembro a abril, e o menos chuvoso de junho e agosto, apresentando frequentemente, semanas sem precipitação. Nos sítios experimentais próximos a Manaus, o período mais seco vai de junho a setembro, porém, ao contrário de Ji-Paraná, a ausência de chuva em períodos maiores que uma semana é rara. Em Marabá, os meses menos chuvosos são junho, julho e agosto e os meses mais chuvosos dezembro, janeiro, fevereiro, março e abril (GASH et al., 1996).



IBAMA, 2000.

Figura 1: Arco do desflorestamento na Amazônia Legal brasileira e localização dos sítios experimentais.

Uma descrição detalhada dos sítios de floresta e de pastagem nas três localidades estudadas no Projeto ABRACOS – Ji-Paraná, Manaus e Marabá – pode ser encontrada em GASH et al. (1996).

3.2. Dados meteorológicos

Os dados meteorológicos utilizados neste trabalho foram obtidos de estações meteorológicas automáticas, instaladas em cada sítio experimental. A irradiância solar global (H) e a radiação solar refletida (H_r), foram medidos com um piranômetro, modelo Kipp e Zonen (Delft, Netherlands) e um piranômetro invertido, modelo Kipp e Zonen, com a cúpula voltada para a superfície. O Saldo de radiação foi medido por um saldo radiômetro, modelo REBS (Seattle, USA). A temperatura de bulbo seco e de bulbo molhado foram medidos usando-se termômetros de resistência de platina de um psicrômetro aspirado, modelo Didcot. A precipitação pluvial foi medida em um pluviômetro, tipo caçamba modelo Didcot (Abingdon, UK), com precisão de 0,2 mm.

Os procedimentos experimentais de instalação dos sensores e processamento dos dados foram descritos detalhadamente por RIBEIRO (1994) e RESCHKE (1997). O Quadro 3 apresenta os períodos e o número de dias com dados disponíveis utilizados nas análises em cada sítio experimental.

No sítio experimental de Caxiuanã, além dessas medições mencionadas foram feitas medições da radiação fotossinteticamente ativa (PAR). Os valores horários da radiação foram integrados para a obtenção dos totais diários. As medições da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) em Caxiuanã, foram convertidos em $W.m^{-2}$, usando-se o fator proposto por McCREE (1972) de $4,57 \mu EJ^{-1}$.

Os dados do ABRACOS foram cedidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e os de Caxiuanã pela coordenação do projeto Ecobioma, que faz parte do LBA (Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia).

Quadro 3: Dias analisados nos sítios experimentais

Sítio Experimental	Ano	Dias disponíveis	Dias utilizados
Ji-Paraná - RO: Reserva Jaru (RJ)	1991	274-365	68
	1992	1-366	323
	1993	1-365	359
	1994	1-365	314
	1995	1-365	296
	1996	13-305	136
Ji-Paraná – RO: Fazenda Nossa Senhora (NS)	1990	312-365	53
	1991	274-365	88
	1992	1-366	342
	1993	1-365	338
	1994	1-365	321
	1995	1-365	334
Manaus – AM: Reserva Ducke (RD)	1990	276-365	90
	1991	1-365	365
	1992	1-366	267
	1993	1-365	343
	1994	1-365	283
	1995	1-365	307
Manaus – AM: Fazenda Dimona (FD)	1990	274-365	65
	1991	1-365	336
	1992	1-366	313
	1993	1-365	339
	1994	1-365	268
	1995	1-365	290
Marabá – PA: Reserva Vale do Rio Doce (RV)	1991	182-365	130
	1992	1-365	216
	1993	1-365	275
	1994	1-365	184
	1995	1-365	42
Marabá – PA: Fazenda Boa Sorte (BS)	1991	182-365	99
	1992	1-366	178
	1993	1-365	247
	1994	1-365	202
	1995	1-365	220
Melgaço – PA: Caxiuanã (CX)	1996	12-292	235
	1999	107-223	94

3.3. Análise da distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação

Os dados de irradiância solar global, radiação solar refletida, balanço de radiação de ondas curtas, saldo de radiação e balanço de radiação de ondas longas, entre 10 e 14 horas, dos sítios experimentais de floresta e de pastagem do Projeto ABRACOS, foram submetidos à análise de distribuição de frequência, utilizando o software STATISTICA for windows STATSOFT (1995). Foi realizado o teste de Kolmogorov-Smirnov para identificar quais distribuições de frequência melhor se ajustavam aos dados. A distribuição de frequência com o menor coeficiente estatístico pelo teste de Kolmogorov-Smirnov, foi considerada como a mais adequada. Também foi aplicado o teste qui-quadrado (X^2) ao nível de 5% de probabilidade, para se verificar o ajuste da distribuição de frequência selecionada aos dados.

3.4 Estimativa do balanço da radiação de ondas longas

O balanço de radiação de ondas longas foi estimado pelos modelos de MONTEITH e SZEICZ (1961) e GAY (1969), conforme as equações 13 e 14, respectivamente.

$$H_l = a/b - [(1-b)/b] H_n \quad \text{Eq. 13}$$

$$H_l = a + (b-1) (1-\alpha)H \quad \text{Eq. 14}$$

em que,

a = coeficiente linear da regressão; e

b = coeficiente angular da regressão.

Os coeficientes **a** e **b** foram estimados a partir da regressão entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas, de acordo com a Equação 15.

$$H_n = a + b \cdot Boc \quad \text{Eq. 15}$$

em que,

H_n = saldo de radiação;

BOC = balanço de radiação de ondas curtas;

a = coeficiente linear da regressão; e

b = coeficiente angular da regressão.

A avaliação dos modelos do balanço de radiação de ondas longas foi realizada comparando-se as estimativas dos modelos propostos por MONTEITH e SZEICZ (1961) e de GAY (1969) com os valores calculados do balanço de radiação de ondas longas, com base nas medições do saldo de radiação, da irradiância solar global e do albedo. O desempenho desses modelos baseou-se nos testes estatísticos de erro padrão da estimativa (EPE) e erro percentual médio (EPM), conforme as equações 15 e 16.

$$EPE = \sqrt{\frac{\sum (X_{est} - X)^2}{N}} \quad \text{Eq. 16}$$

$$EPM = \frac{\sum \left[\left(\frac{X_{est} - X}{X} \right) \right]}{N} 100 \quad \text{Eq. 17}$$

em que,

X = valor medido; e

X_{est} = valor estimado.

3.5. Variação sazonal da Radiação Fotossinteticamente Ativa (PAR) na Reserva Floresta de Caxiuanã

A análise da variação sazonal da radiação fotossinteticamente ativa na Reserva Florestal de Caxiuanã baseou-se nas variações da relação entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análise da distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação

A distribuição de frequência dos valores médios horários, compreendidos entre 10 e 14 h, em base anual, referentes à irradiância solar global, radiação solar refletida, balanço de radiação de ondas curtas, saldo de radiação e balanço de radiação de ondas longas nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná – RO, Manaus – AM e Marabá – PA, estão apresentados nas Figuras 2, 3, 4, 5, 6 e 7, respectivamente. Os Quadros 4, 5 e 6 apresentam um resumo estatístico da distribuição de frequência dos referidos componentes do balanço de radiação nesses sítios experimentais.

Esses resultados evidenciam uma semelhança nas características da distribuição de frequência dos valores médios horários, entre 10 e 14 h, em base anual, dos componentes do balanço da radiação nos sítios experimentais estudados, com a distribuição normal. A mediana dos valores horários dos componentes do balanço da radiação foi ligeiramente superior à média desses valores, conforme é indicado pelos valores negativos de assimetria. A diferença entre a média e a mediana desses referidos valores horários dos componentes do

balanço da radiação foi de no máximo 4%, sendo que para a maioria dos componentes prevaleceu uma diferença entre 1 e 2%, entre a média e a mediana. Com exceção do coeficiente de variação do balanço da radiação de ondas longas que chegou a 31%, todos os outros componentes do balanço da radiação apresentaram coeficientes de variação abaixo de 20%. Aplicando-se o teste X^2 às diferenças entre a distribuição de frequência acumulada dos valores médios horários dos componentes do balanço da radiação, em base anual, e às correspondentes distribuições normais, verificou-se que não houve diferença estatisticamente significativa, ao nível de 5% de probabilidade.

Quadro 4: Estatística descritiva das características da distribuição de frequência dos componentes do balanço da radiação nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná - RO

	H	H _r	Boc	H _n	H _l
Reserva Jaru					
Média	624,24	79,08	545,16	463,41	-80,53
Mediana	658,80	83,00	574,63	491,25	-80,73
25° Per.	496,25	64,67	431,30	364,25	-105,49
75° Per.	782,00	98,95	684,50	583,20	-53,82
D. P.	215,55	27,13	189,09	163,25	33,62
Assimetria	-0,57	-0,63	-,55	-0,54	-0,14
Curtose	-0,21	0,00	-0,24	-0,25	-0,37
C. V.	34,53	34,31	34,69	35,23	-41,75
Fazenda Nossa Senhora					
Média	616,64	111,46	505,18	408,37	-96,91
Mediana	647,00	118,60	527,70	422,95	-91,90
25° Per.	494,65	88,10	399,98	311,45	-123,98
75° Per.	766,00	138,50	628,70	510,20	-63,10
D. P.	207,62	40,11	174,73	147,69	43,69
Assimetria	-0,52	-0,51	-0,39	-0,31	-0,87
Curtose	-0,16	0,10	-0,17	-0,22	1,40
C. V.	33,67	35,99	34,59	36,17	-48,23

Quadro 5: Estatística descritiva das características da distribuição de frequência dos componentes do balanço da radiação nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Manaus - AM

	H	H _r	Boc	H _n	H _l
Reserva Ducke					
Média	571,82	67,95	503,86	448,10	-55,77
Mediana	618,10	73,40	545,20	487,20	-54,40
25° Per.	416,20	49,64	366,55	324,55	-75,80
75° Per.	744,00	89,00	654,90	585,65	-32,39
D. P.	226,86	27,50	199,86	181,75	29,44
Assimetria	-0,52	-0,54	-0,50	-0,51	-0,56
Curtose	-0,57	-0,49	-0,58	-0,58	0,48
C. V.	39,67	40,53	39,67	40,56	-52,79
Fazenda Dimona					
Média	587,33	96,47	490,86	401,55	-89,32
Mediana	634,50	105,50	527,05	430,75	-86,60
25° Per.	447,15	75,00	369,35	303,90	-119,10
75° Per.	756,00	122,80	624,20	518,30	-56,92
D. P.	222,24	36,97	186,98	155,36	41,60
Assimetria	-0,64	-0,73	-0,59	-0,59	-0,27
Curtose	-0,38	-0,09	-0,42	-0,36	-0,56
C. V.	37,84	37,70	38,09	38,69	-46,57

Quadro 6: Estatística descritiva das características da distribuição de frequência dos componentes do balanço da radiação nos sítios experimentais de floresta e de pastagem, em Marabá - PA

	H	H _r	Boc	H _n	H _l
Reserva Vale do Rio Doce					
Média	599,40	86,48	512,92	443,66	-69,26
Mediana	628,35	92,40	537,40	467,70	-68,80
25° Per.	461,50	66,93	392,12	340,60	-87,90
75° Per.	758,00	109,80	649,75	561,50	-48,60
D. P.	209,99	30,84	180,86	158,72	28,88
Assimetria	-0,55	-0,55	-0,51	-0,51	-0,42
Curtose	-0,32	-0,18	-0,35	-0,31	0,86
C. V.	35,07	35,66	35,26	35,78	-41,70
Fazenda Boa Sorte					
Média	574,70	93,96	486,74	401,18	-79,89
Mediana	615,48	102,30	511,13	430,10	-77,00
25° Per.	453,70	73,60	376,76	313,15	-106,70
75° Per.	751,75	125,15	629,80	524,95	-50,58
D. P.	237,27	39,15	200,24	169,13	45,36
Assimetria	-0,83	-0,87	-0,78	-0,72	-0,71
Curtose	0,14	0,15	0,09	0,08	1,70
C. V.	41,29	41,67	41,65	42,16	56,78

Cerca de 75% das ocorrências de irradiância solar global são menores ou iguais a $686,49 \text{ W.m}^{-2}$, $657,36 \text{ W.m}^{-2}$, $622,18 \text{ W.m}^{-2}$, $619,49 \text{ W.m}^{-2}$, $672,26 \text{ W.m}^{-2}$ e $657,36 \text{ W.m}^{-2}$, na Reserva Jarú, Fazenda Nossa Senhora, em Ji-Paraná, Reserva Ducke e Fazenda Dimona, na Reserva Vale do Rio Doce e Fazenda Boa Sorte, respectivamente.

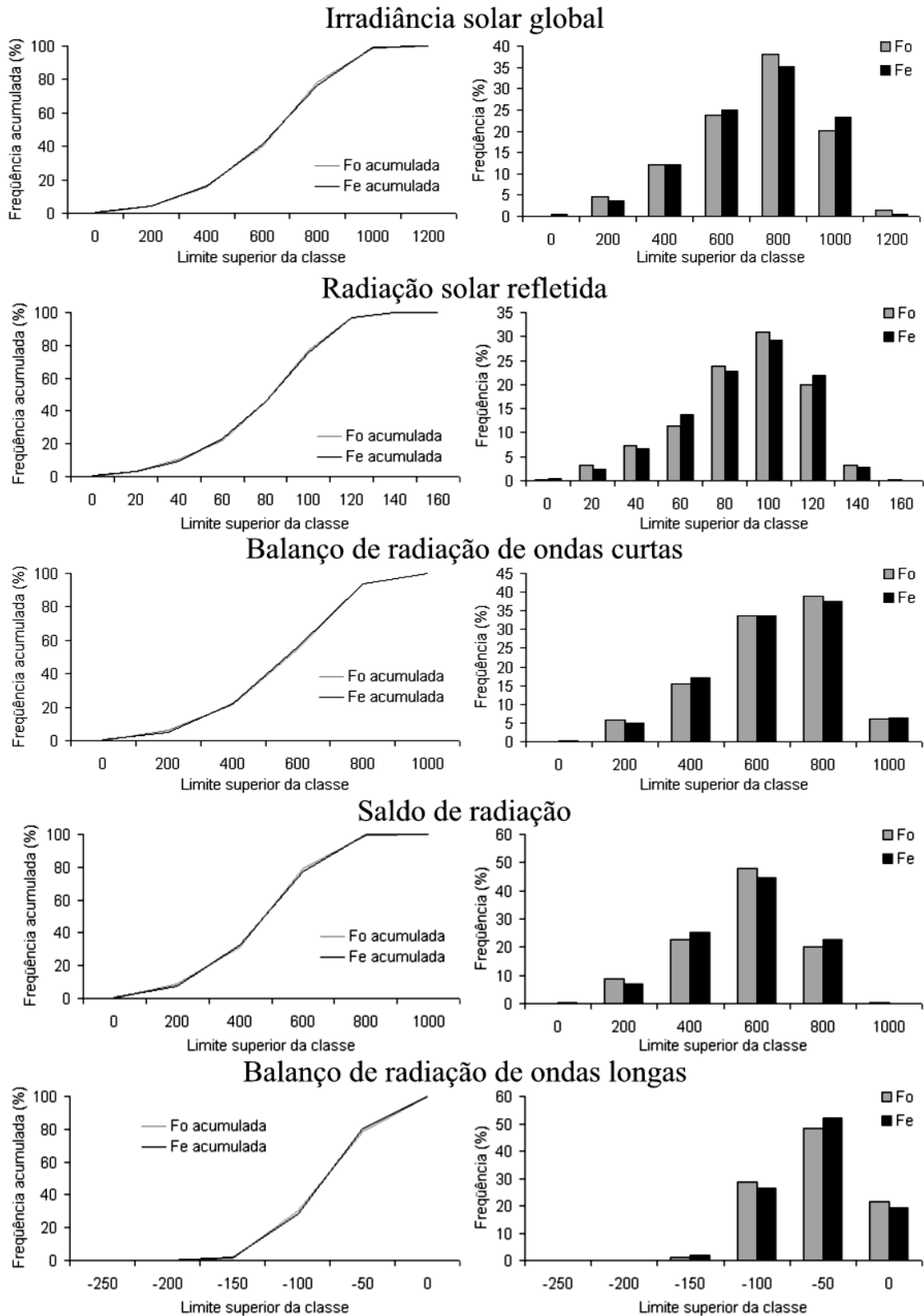


Figura 2: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Reserva floresta de Jaru, em Ji-Paraná - RO.

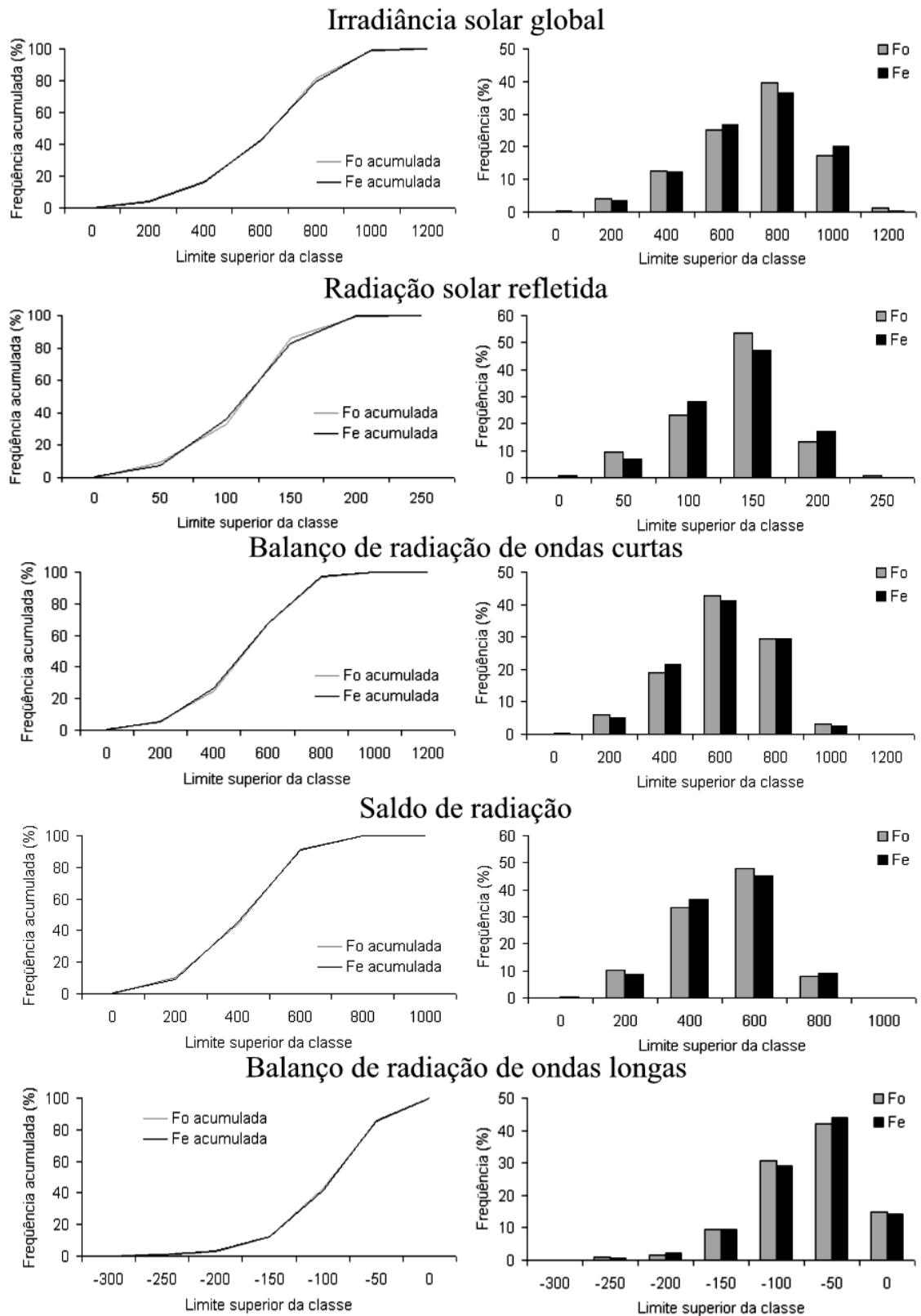


Figura 3: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Fazenda Nossa Senhora Aparecida, em Ji-Paraná - RO.

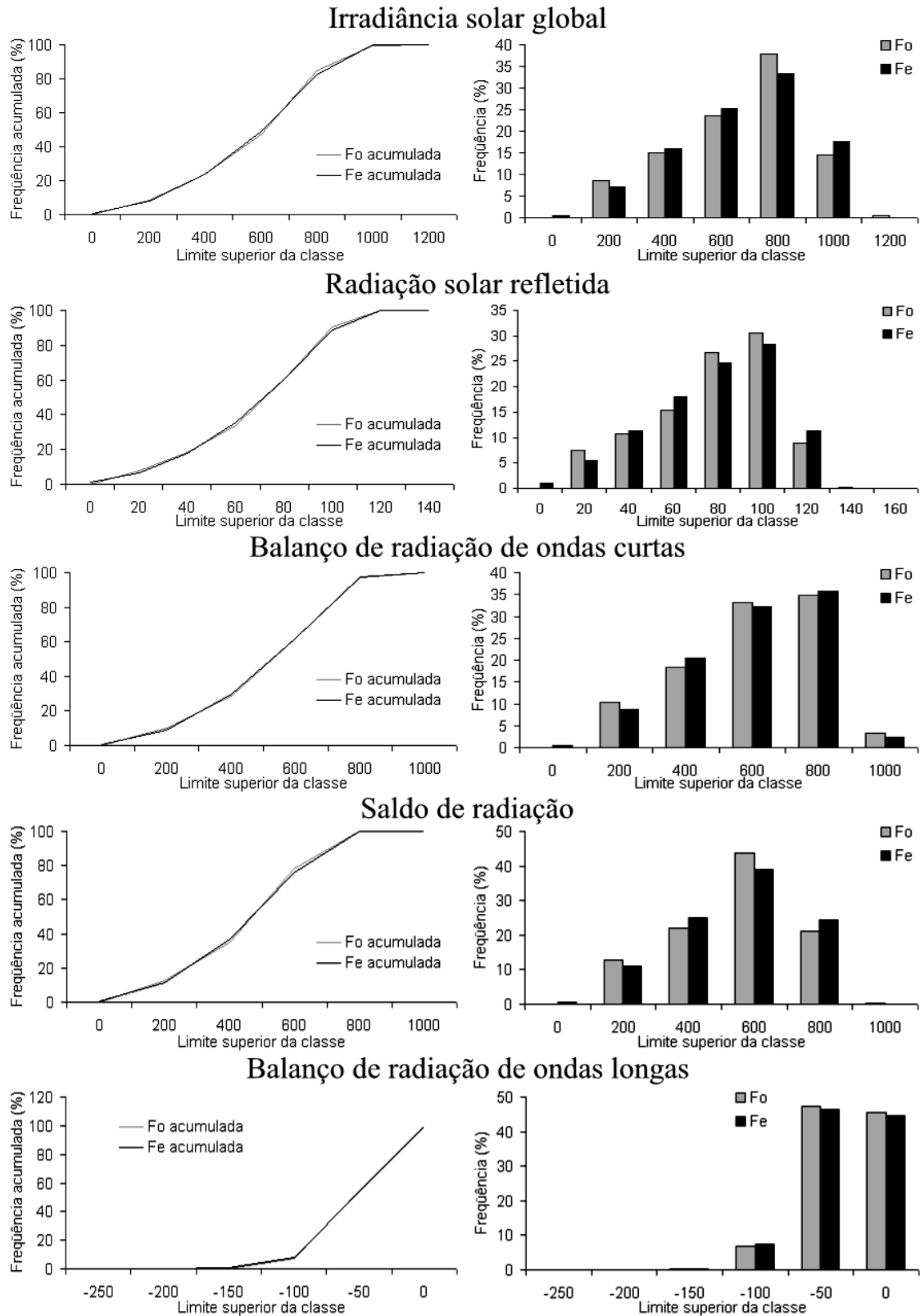


Figura 4: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Reserva Ducke, em Manaus - AM.

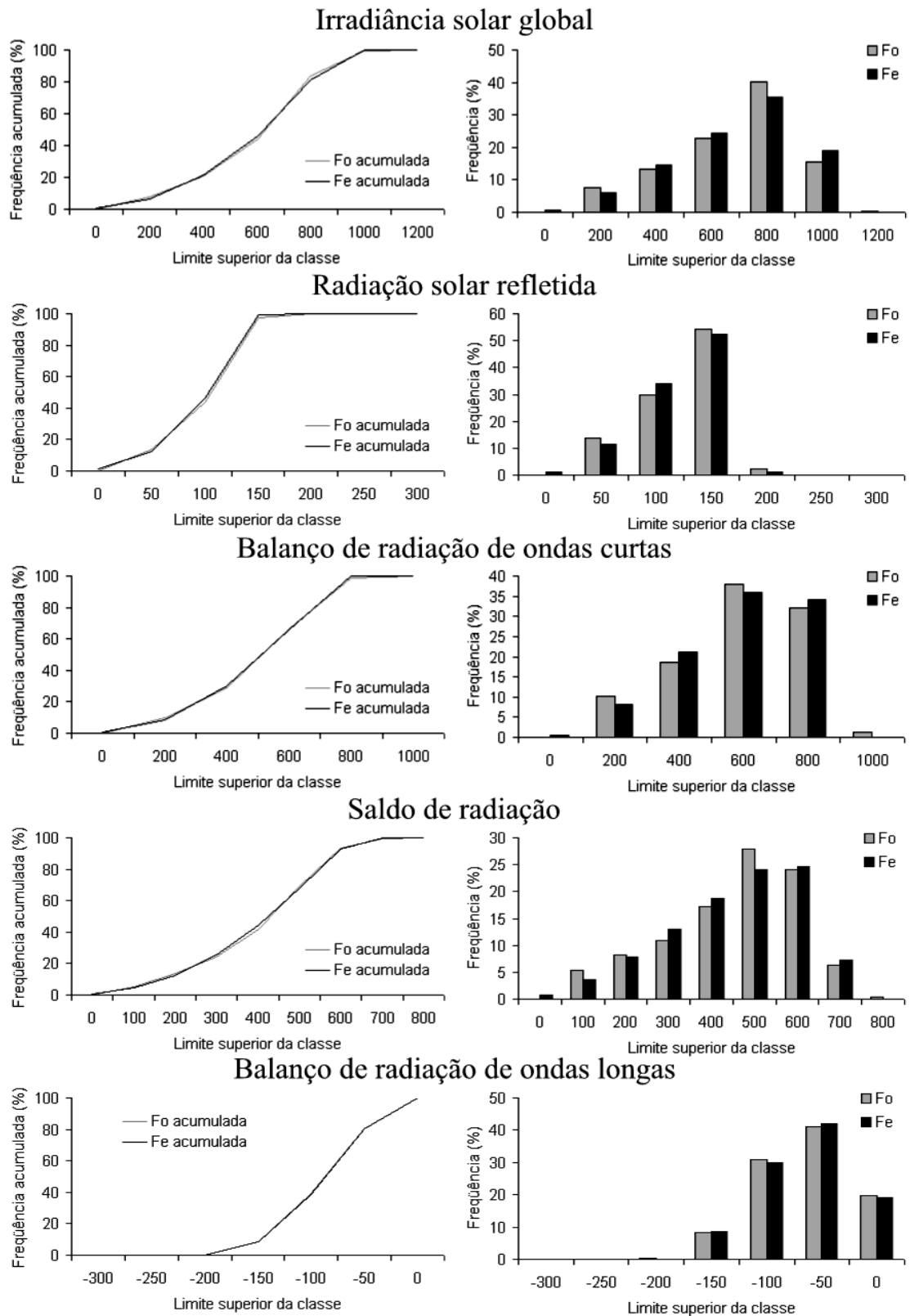


Figura 5: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Fazenda Dimona, em Manaus - AM.

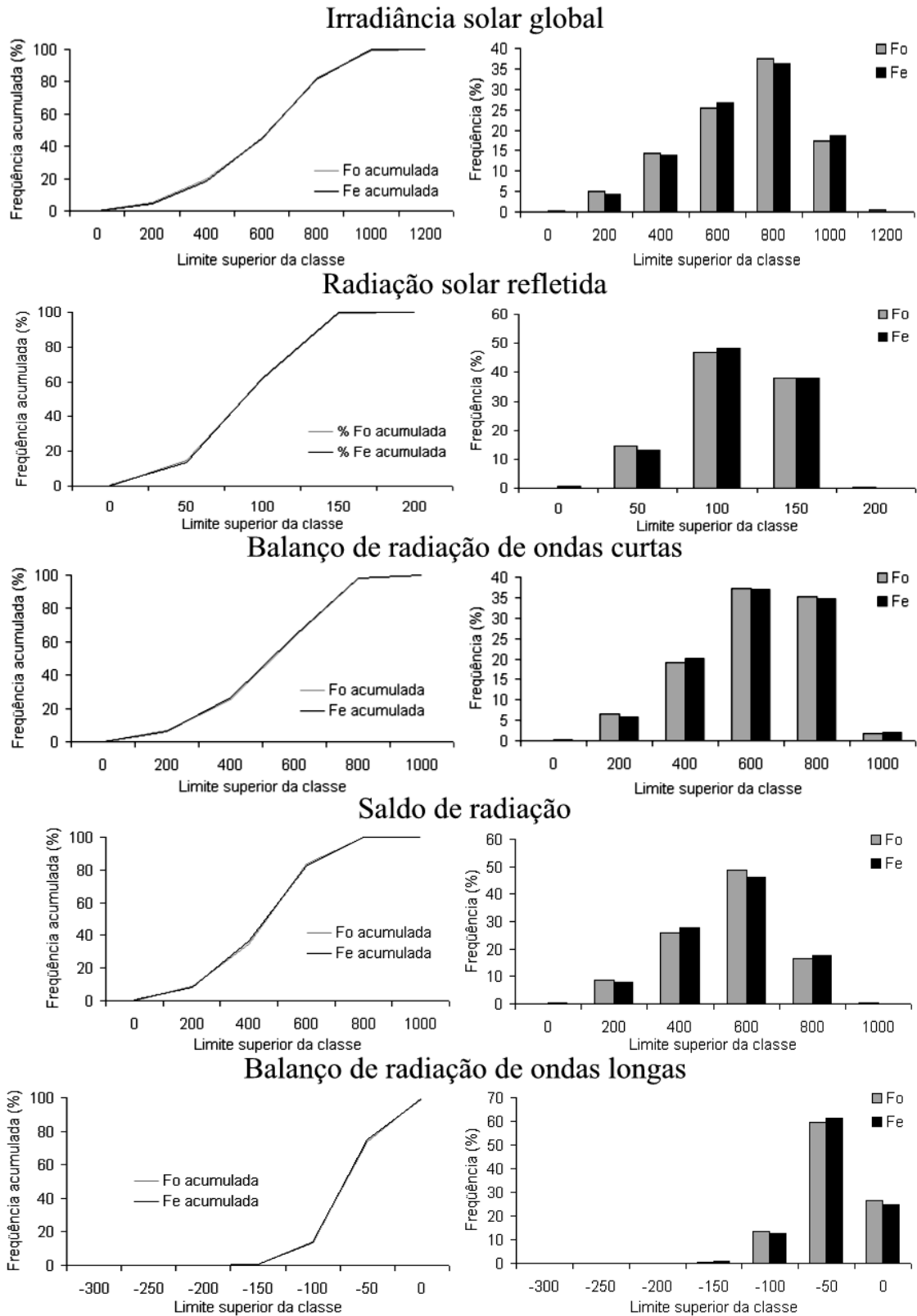


Figura 6: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Reserva Vale do Rio Doce, em Marabá - PA.

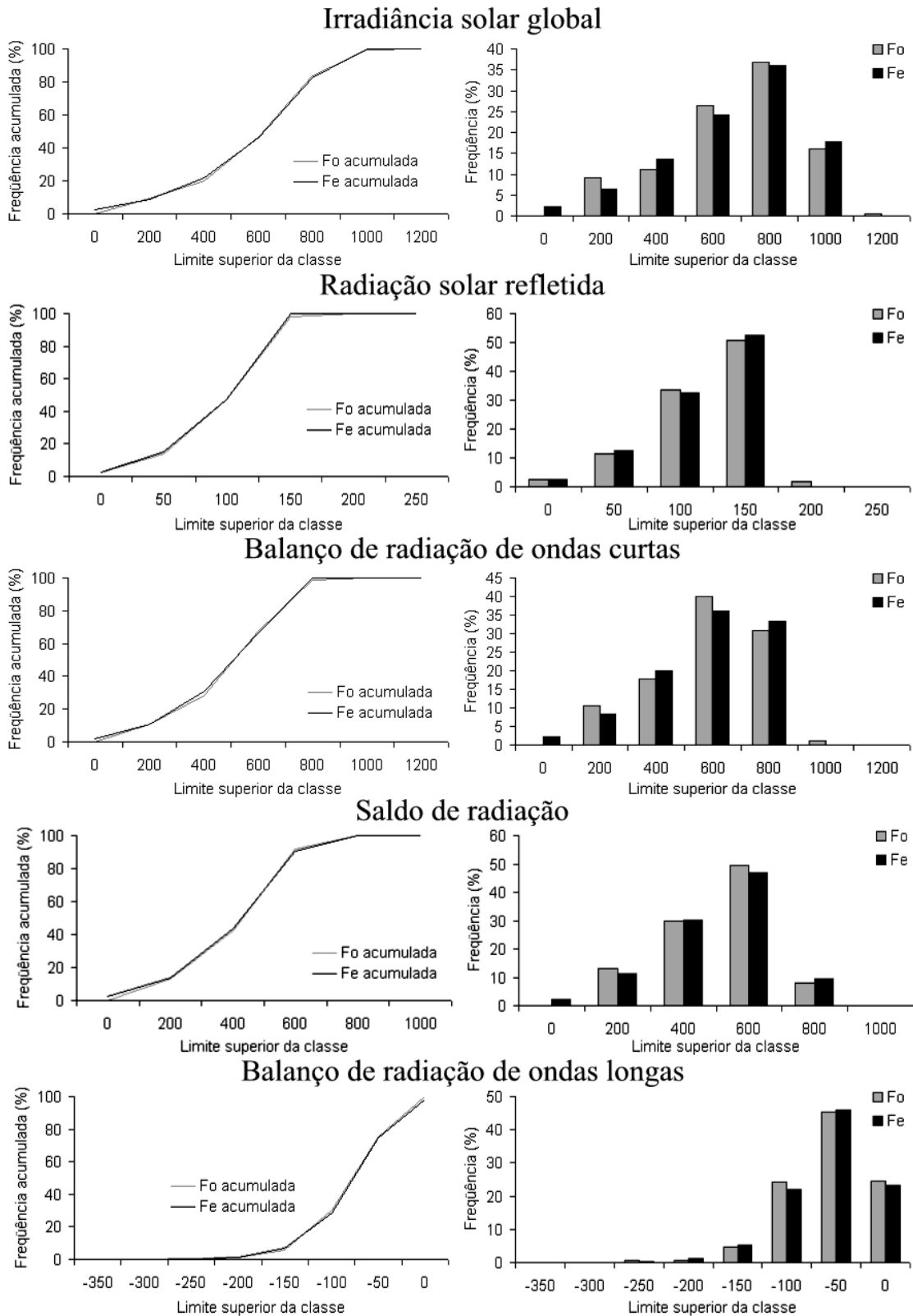


Figura 7: Distribuição de frequência dos componentes do balanço de radiação na Fazenda Boa Sorte, em Marabá - PA.

A grande maioria das distribuições de frequência dos componentes do balanço da radiação, em cada mês do ano, tanto na floresta como na pastagem é não normal, conforme está ilustrado no Quadro 7. Os Quadros 8 a 13, apresentam um resumo estatístico de algumas características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação, entre 10 e 14 h, nos sítios experimentais de floresta e de pastagem na Amazônia. As medidas de dispersão das distribuições mensal e anual dos componentes do balanço da radiação, expressas pelo desvio padrão, coeficiente de variação e intervalo interquartil, foram consideravelmente maiores na distribuição mensal. Também foi constatado uma variação sazonal dessas medidas de dispersão para todos os componentes do balanço da radiação, com a ocorrência de máximos nos meses mais chuvosos e de mínimos nos meses menos chuvosos.

A assimetria é negativa em praticamente todos os meses do ano para todos os componentes do balanço de radiação, especialmente para o mês de agosto, na Reserva Florestal da Vale do Rio Doce, em Marabá-PA. Neste mês o coeficiente de assimetria para irradiância solar global, radiação solar refletida, balanço de radiação de ondas curtas e saldo de radiação foi de $-1,59$, $-2,05$, $-1,48$ e $-1,59$, respectivamente. Para o balanço de radiação de ondas longas o coeficiente foi mais negativo no mês de dezembro.

O coeficiente de curtose dos componentes do balanço da radiação, com exceção do balanço da radiação de ondas longas, apresenta valores negativos na maioria dos meses (outubro a abril), com valores absolutos inferiores a 1, e valores positivos nos meses de maio a setembro. Os coeficientes de assimetria e de curtose mostram-se bem correlacionados, apresentando uma relação inversa bem caracterizada. A variação sazonal desses coeficientes para a irradiância solar global em todos os sítios experimentais está ilustrada nas Figuras 8 e 9.

A variação na forma da distribuição mensal da irradiância solar global nos sítios experimentais de Ji-Paraná está apresentada no Apêndice A, em contraste com a distribuição aproximadamente normal, verificada ao se analisar os dados, em base anual, apresentada no Apêndice B.

Quadro 7: Distribuição de frequência que melhor se ajusta aos dados mensais dos componentes do balanço de radiação.

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Reserva Jaru												
H	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _r	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Boc	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _n	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _l	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Fazenda Nossa Senhora												
H	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _r	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Boc	NM	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _n	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	N	NM	NM	NM
H _l	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	N	NM	NM	NM
Reserva Ducke												
H	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _r	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Boc	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _n	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _l	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Fazenda Dimona												
H	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _r	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Boc	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _n	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _l	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	N	N	NM	NM
Reserva Vale do Rio Doce												
H	N	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _r	N	NM	NM	NM	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Boc	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _n	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
H _l	NM	N	NM	N	NM	NM	N	N	N	N	NM	NM
Fazenda Boa Sorte												
H	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	N	NM	NM
H _r	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM
Boc	N	NM	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	N	NM	N
H _n	N	N	NM	NM	N	NM	NM	NM	NM	N	NM	N
H _l	N	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM	NM

N = distribuição normal; AM = distribuição não normal ajustada pelos momentos.

Quadro 8: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Reserva Jaru, em Ji-Paraná – RO.

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H												
Média	572,38	563,64	619,74	581,13	606,28	632,53	701,06	668,66	663,99	713,97	636,73	551,06
Mediana	579,50	564,78	651,60	622,30	629,18	664,77	740,00	700,00	697,60	755,00	677,60	556,20
25° Per.	393,95	364,13	467,00	432,40	520,50	573,65	602,65	585,70	564,10	586,20	473,20	375,25
75° Per.	752,00	751,34	795,00	744,00	744,00	747,25	809,00	773,00	823,50	880,00	838,00	743,00
D. P.	234,83	246,94	238,25	214,70	180,61	166,70	140,89	147,18	203,62	215,74	248,47	239,04
Assimetria	-0,05	-0,04	-0,43	-0,47	-0,81	-1,16	-1,49	-1,21	-0,89	-0,85	-0,45	-0,17
Curtose	-0,64	-0,91	-0,43	-0,48	0,39	1,02	2,66	2,03	0,34	0,29	-0,71	-0,76
C. V.	41,03	43,81	38,44	36,94	29,79	26,35	20,10	22,01	30,67	30,22	39,02	43,38
H _i												
Média	71,09	67,26	72,45	67,42	71,02	74,95	85,00	87,78	87,34	91,62	83,95	71,86
Mediana	73,40	69,71	77,30	72,85	73,50	79,40	88,75	92,30	93,40	97,40	90,05	73,80
25° Per.	50,74	44,90	56,62	52,47	61,89	66,81	74,00	77,10	76,90	76,95	64,33	49,65
75° Per.	92,96	89,40	91,50	86,10	86,09	88,55	97,15	100,05	104,35	110,10	108,78	96,65
D. P.	28,39	28,85	26,50	24,49	20,91	19,29	17,02	17,72	24,56	26,06	31,69	31,30
Assimetria	-0,23	-0,19	-0,65	-0,68	-0,87	-1,15	-1,26	-1,49	-1,22	-1,04	-0,58	-0,26
Curtose	-0,52	-0,79	-0,05	-0,18	0,70	1,25	2,27	3,20	1,22	0,90	-0,40	-0,66
C. V.	39,93	42,89	36,57	36,32	29,44	25,74	20,02	20,19	28,12	28,44	37,75	43,56
Boc												
Média	501,29	496,38	547,29	513,71	535,26	557,58	616,06	580,89	576,65	622,36	552,78	479,19
Mediana	504,70	496,23	571,58	551,63	556,62	583,48	651,50	607,40	604,25	656,65	586,28	482,10
25° Per.	343,56	318,60	410,26	377,85	460,55	504,14	529,50	509,70	483,34	507,25	407,19	324,69
75° Per.	662,77	662,05	705,80	656,90	655,68	662,33	710,60	672,10	717,10	770,70	728,70	649,05
D. P.	206,80	218,40	212,16	190,77	160,03	147,84	124,47	130,62	179,72	190,31	217,18	208,01
Assimetria	-0,02	-0,01	-0,39	-0,44	-0,79	-1,14	-1,49	-1,14	-0,83	-0,81	-0,42	-0,15
Curtose	-0,64	-0,92	-0,48	-0,51	0,34	0,96	2,64	1,79	0,22	0,20	-0,75	-0,77
C. V.	41,25	44,00	38,77	37,14	29,90	26,52	20,20	22,49	31,17	30,58	39,29	43,41
H _n												
Média	435,67	431,58	471,37	437,30	446,69	455,38	504,95	465,47	479,40	521,66	466,62	402,39
Mediana	440,30	432,10	498,20	470,40	464,80	486,05	536,90	482,20	499,10	553,10	499,55	404,90
25° Per.	297,70	273,60	348,40	317,30	377,80	391,65	433,90	401,80	399,00	428,20	334,80	261,70
75° Per.	579,50	583,40	612,90	565,20	550,30	547,70	584,90	548,60	601,90	648,80	619,70	549,50
D. P.	185,57	194,05	183,63	166,39	137,16	123,33	104,56	115,22	152,48	161,94	188,89	184,07
Assimetria	-0,02	-0,04	-0,46	-0,45	-0,76	-1,02	-1,34	-0,96	-0,79	-0,82	-0,44	-0,12
Curtose	-0,73	-0,96	-0,49	-0,49	0,27	0,67	2,01	1,18	0,19	0,20	-0,72	-0,81
C. V.	42,59	44,96	38,96	38,05	30,71	27,08	20,71	24,75	31,81	31,04	40,48	45,75
H _i												
Média	-65,28	-63,49	-74,52	-75,46	-86,84	-102,35	-107,84	-115,12	-97,11	-100,72	-86,88	-83,39
Mediana	-63,15	-59,54	-70,36	-70,30	-90,32	-105,14	-114,15	-108,20	-103,20	-102,60	-83,81	-72,90
25° Per.	-80,40	-81,21	-94,76	-101,84	-108,88	-128,79	-132,04	-125,25	-119,95	-124,98	-109,70	-99,30
75° Per.	-45,84	-44,25	-52,22	-44,48	-63,04	-76,41	-87,90	-91,10	-76,60	-79,05	-59,50	-50,32
D. P.	27,71	27,05	32,83	39,08	34,62	37,33	33,83	47,68	32,00	32,83	37,62	63,86
Assimetria	-0,67	-0,65	-0,52	-0,88	0,06	0,29	0,68	-1,90	0,50	0,28	-0,63	-3,09
Curtose	0,84	0,54	0,12	1,75	-0,53	-0,58	-0,07	6,05	-0,17	-0,37	0,70	2,49
C. V.	-42,45	-42,60	-44,06	-51,80	-39,86	-36,48	-31,37	-41,42	-32,95	-32,60	-43,30	-76,58

Quadro 9: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Fazenda Nossa Senhora, em Ji-Paraná – RO.

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H												
Média	596,12	587,64	611,69	601,15	606,66	614,24	642,10	624,81	601,66	669,22	635,47	598,23
Mediana	620,90	598,30	652,80	639,10	621,30	638,60	703,00	650,55	632,25	716,00	666,60	632,50
25° Per.	428,25	386,50	434,15	486,70	530,95	552,20	563,90	538,90	472,10	522,40	490,30	441,70
75° Per.	791,00	792,00	776,00	741,00	729,00	724,00	780,00	736,00	756,50	843,00	817,00	769,00
D. P.	240,18	249,33	233,90	190,50	162,77	151,45	177,63	152,19	205,56	223,39	236,51	231,48
Assimetria	-0,37	-0,18	-0,33	-0,59	-0,80	-1,07	-1,30	-0,88	-0,55	-0,60	-0,53	-0,37
Curtose	-0,59	-0,80	-0,60	-0,17	0,75	0,97	1,17	0,71	-0,25	-0,34	-0,49	-0,57
C.V.	40,29	42,43	38,24	31,69	26,83	24,66	27,66	24,36	34,17	33,38	37,22	38,69
H _r												
Média	110,50	106,49	112,84	114,07	114,71	115,57	121,25	114,15	101,56	112,01	112,25	100,92
Mediana	118,19	111,50	121,90	120,00	121,90	121,60	129,80	119,00	109,00	120,15	118,40	104,40
25° Per.	70,04	73,00	77,00	90,40	100,80	103,50	111,30	101,60	81,95	89,45	83,00	67,60
75° Per.	150,70	143,10	148,70	139,80	137,30	135,70	141,00	132,30	126,00	140,55	146,50	136,30
D. P.	55,39	48,06	50,10	43,51	32,82	30,17	32,94	27,12	34,87	37,72	46,56	45,46
Assimetria	-0,10	-0,22	-0,16	-0,29	-0,98	-0,85	-1,31	-1,00	-0,76	-0,75	-0,41	-0,28
Curtose	-0,50	-0,46	-0,26	0,93	1,51	2,11	1,50	1,38	0,22	-0,12	-0,41	-0,59
C.V.	50,13	45,13	44,40	38,14	28,62	26,10	27,17	23,76	34,33	33,68	41,48	45,05
Boc												
Média	485,62	481,14	498,84	487,08	491,96	498,67	520,84	510,66	500,10	557,20	523,23	497,30
Mediana	503,01	483,50	525,90	514,60	500,85	522,80	566,90	532,50	520,65	591,05	545,00	514,00
25° Per.	340,02	309,88	341,80	382,90	428,15	437,30	448,10	436,80	388,70	432,15	399,70	361,90
75° Per.	644,30	649,90	646,50	609,93	595,65	590,80	636,80	604,30	630,20	703,25	668,20	634,80
D. P.	199,74	217,44	201,25	165,56	136,19	127,24	146,96	127,03	173,26	188,15	197,62	200,05
Assimetria	-0,30	-0,03	-0,21	-0,50	-0,73	-0,98	-1,21	-0,79	-0,51	-0,54	-0,44	-0,19
Curtose	-0,61	-0,68	-0,63	-0,22	0,53	0,72	0,95	0,50	-0,34	-0,37	-0,47	-0,46
C.V.	41,13	45,19	40,34	33,99	27,68	25,52	28,21	24,87	34,65	33,77	37,77	40,23
H _n												
Média	409,94	399,99	412,95	409,49	405,17	406,93	405,29	389,33	345,53	458,67	426,17	401,80
Mediana	418,70	408,00	441,70	425,10	416,90	422,70	433,70	401,70	344,20	486,40	443,20	419,45
25° Per.	286,30	259,60	293,90	320,90	348,05	339,70	336,50	327,30	233,50	345,65	321,00	287,50
75° Per.	548,40	545,50	530,60	522,30	486,65	487,40	485,60	459,40	463,00	577,20	550,90	516,10
D. P.	173,65	173,00	166,82	138,67	116,88	107,66	117,55	100,14	151,89	169,06	163,87	162,34
Assimetria	-0,31	-0,18	-0,23	-0,47	-0,72	-0,67	-0,96	-0,59	-0,05	-0,34	-0,46	-0,27
Curtose	-0,57	-0,83	-0,64	-0,35	0,66	0,33	0,73	0,33	-0,69	-0,28	-0,49	-0,50
C. V.	42,36	43,25	40,40	33,86	28,85	26,46	29,00	25,72	43,96	36,86	38,45	40,40
H _i												
Média	-75,68	-81,15	-85,89	-77,59	-86,79	-91,74	-115,55	-121,34	-154,57	-98,53	-97,06	-95,50
Mediana	-68,36	-71,60	-79,10	-75,20	-81,28	-97,80	-118,20	-126,50	-129,70	-90,00	-95,10	-89,25
25° Per.	-94,20	-100,60	-110,10	-105,70	-106,35	-117,80	-150,70	-149,70	-197,95	-124,45	-118,00	-120,60
75° Per.	-45,90	-49,80	-53,49	-52,70	-60,60	-71,05	-88,60	-101,00	-84,05	-56,96	-70,60	-62,00
D. P.	47,14	62,24	51,50	48,70	43,09	39,38	42,91	40,03	98,22	74,30	44,67	49,08
Assimetria	-1,16	-1,29	-0,67	0,09	-0,40	1,21	0,38	0,75	-1,04	-3,32	0,12	-0,60
Curtose	3,06	5,21	2,22	2,48	1,75	6,08	-0,42	0,38	0,67	17,24	5,07	0,60
C. V.	-62,29	-76,70	-59,96	-62,77	-49,65	-42,93	-37,14	-32,99	-63,54	-75,41	-46,03	-51,39

Quadro 10: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Reserva Ducke, em Manaus – AM.

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H												
Média	503,28	540,39	527,42	504,17	549,35	556,61	604,53	629,77	680,90	633,35	593,96	516,51
Mediana	535,90	558,40	557,50	539,50	587,50	597,95	639,70	670,10	715,00	689,00	652,60	548,05
25° Per.	304,40	340,50	322,60	320,00	410,40	454,75	512,30	543,00	607,10	529,40	445,80	320,25
75° Per.	692,80	736,00	750,00	693,80	701,00	695,55	747,00	773,00	802,00	786,00	768,00	705,00
D. P.	243,84	249,70	264,25	242,95	210,20	192,19	187,06	192,83	172,90	224,08	231,79	234,30
Assimetria	-0,19	-0,18	-0,18	-0,31	-0,53	-0,72	-0,90	-1,02	-1,18	-0,91	-0,67	-0,28
Curtose	-0,92	-0,85	-1,00	-0,84	-0,46	-0,06	0,28	0,59	1,54	0,22	-0,42	-0,98
C. V.	48,45	46,21	50,10	48,19	38,26	34,53	30,94	30,62	25,39	35,38	39,02	45,36
H_r												
Média	60,00	62,06	58,67	55,82	60,28	63,63	72,30	77,78	84,74	80,60	76,64	64,35
Mediana	64,79	64,99	63,29	61,59	64,36	67,69	76,80	83,00	89,80	88,90	85,20	70,00
25° Per.	36,89	39,21	36,82	37,65	46,16	51,75	62,29	68,76	76,00	68,09	59,13	41,45
75° Per.	83,30	84,60	83,10	75,50	76,70	79,05	87,60	93,30	98,40	99,20	99,20	88,80
D. P.	29,46	28,83	29,41	27,16	22,48	22,40	22,02	22,44	21,00	28,08	29,89	29,09
Assimetria	-0,33	-0,30	-0,33	-0,37	-0,62	-0,72	-0,94	-1,20	-1,28	-1,09	-0,76	-0,37
Curtose	-0,86	-0,82	-0,91	-0,55	-0,30	0,02	0,51	1,16	2,28	0,54	-0,32	-0,90
C. V.	49,09	46,45	50,12	48,65	37,30	35,20	30,46	28,85	24,78	34,84	39,00	45,22
Boc												
Média	443,28	478,33	468,75	448,35	489,08	492,98	532,23	551,99	596,16	552,75	517,32	452,17
Mediana	467,95	493,12	491,26	479,49	523,68	529,18	563,55	588,15	627,00	599,40	567,95	480,18
25° Per.	268,39	302,11	278,18	284,82	362,40	402,75	451,40	474,87	526,66	455,66	388,42	278,89
75° Per.	612,19	651,30	669,00	619,00	628,30	614,85	660,80	680,00	702,00	688,70	667,10	619,30
D. P.	216,50	221,75	236,81	218,78	190,29	171,13	166,33	172,37	153,77	197,28	202,43	206,37
Assimetria	-0,16	-0,16	-0,14	-0,30	-0,51	-0,72	-0,88	-0,99	-1,14	-0,87	-0,65	-0,26
Curtose	-0,91	-0,85	-0,99	-0,85	-0,45	-0,06	0,25	0,51	1,43	0,17	-0,43	-0,97
C. V.	48,84	46,36	50,52	48,80	38,91	34,71	31,25	31,23	25,79	35,69	39,13	45,64
H_n												
Média	391,64	417,29	417,96	412,15	431,35	425,84	465,64	496,50	541,27	503,90	467,68	407,27
Mediana	417,60	428,65	437,60	442,00	452,30	448,00	493,20	523,25	564,40	553,10	514,50	434,85
25° Per.	235,40	260,00	248,40	256,20	324,80	338,55	390,60	427,05	478,80	416,00	353,40	253,80
75° Per.	541,00	571,80	594,70	564,50	556,60	541,30	573,50	604,80	641,40	628,00	604,55	557,00
D. P.	190,76	198,80	215,35	200,32	167,28	154,92	150,51	151,82	142,73	180,18	184,78	186,05
Assimetria	-0,21	-0,17	-0,15	-0,30	-0,49	-0,59	-0,76	-0,93	-1,09	-0,98	-0,67	-0,28
Curtose	-0,92	-0,85	-0,96	-0,85	-0,40	-0,23	0,19	0,63	1,43	0,25	-0,37	-0,97
C. V.	48,71	47,64	51,52	48,60	38,78	36,38	32,32	30,58	26,37	35,76	39,51	45,68
Bol												
Média	-51,64	-61,04	-50,79	-36,20	-82,02	-77,89	-74,50	-74,19	-541,27	-62,90	-53,54	-57,90
Mediana	-48,99	-49,65	-49,58	-36,76	-64,10	-64,27	-60,55	-62,49	-564,40	-56,95	-47,05	-45,17
25° Per.	-78,10	-83,00	-84,13	-63,02	-89,70	-93,33	-100,20	-101,35	-641,40	-84,20	-80,10	-75,60
75° Per.	-21,95	-30,22	-14,31	-17,10	-41,20	-43,05	-34,99	-29,64	-478,80	-23,33	-23,13	-25,60
D. P.	81,14	64,55	96,42	53,05	74,76	53,95	57,92	62,29	142,73	55,83	39,16	53,18
Assimetria	0,06	-0,86	0,24	6,13	-3,01	-2,06	-2,19	-2,06	1,09	-3,40	-2,09	-3,17
Curtose	12,64	11,60	7,04	67,39	12,54	6,72	8,53	7,16	1,43	23,00	10,74	13,78
C. V.	-157,13	-105,75	-189,85	-146,55	-91,15	-69,27	-77,75	-83,96	-26,37	-88,75	-73,15	-91,84

Quadro 11: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Fazenda Dimona, em Manaus – AM.

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H												
Média	520,38	547,44	560,73	543,77	563,63	546,00	569,38	634,53	685,75	672,66	672,66	534,61
Mediana	555,55	563,40	608,00	571,60	612,55	584,65	633,50	689,50	743,00	725,00	725,00	553,70
25° Per.	340,90	358,30	370,40	381,50	430,30	432,25	426,20	554,40	599,25	577,50	577,50	372,50
75° Per.	712,40	751,00	757,75	723,00	728,00	688,55	740,50	786,00	828,50	823,50	823,50	724,00
D. P.	238,57	247,05	251,54	233,35	215,09	197,48	218,69	216,52	206,39	223,83	223,83	230,86
Assimetria	-0,34	-0,20	-0,34	-0,33	-0,64	-0,67	-0,80	-1,18	-1,23	-1,08	-1,08	-0,37
Curtose	-0,85	-0,86	-0,84	-0,65	-0,39	-0,24	-0,20	0,84	1,10	0,68	0,68	-0,74
C. V.	45,85	45,13	44,86	42,91	38,16	36,17	38,41	34,12	30,10	33,27	33,27	43,18
H _r												
Média	83,37	88,25	91,29	90,22	94,38	94,19	96,31	104,28	104,24	101,98	101,98	84,51
Mediana	90,45	92,10	100,80	97,10	105,10	101,40	106,30	113,40	113,10	110,40	110,40	88,70
25° Per.	54,25	57,34	60,56	64,47	72,30	72,40	72,90	92,30	92,10	89,00	89,00	60,40
75° Per.	113,10	121,70	122,90	120,50	121,00	119,30	122,80	128,10	123,85	125,30	125,30	113,00
D. P.	39,26	40,39	40,84	38,77	36,97	35,08	37,65	35,40	30,88	33,02	33,02	36,06
Assimetria	-0,36	-0,32	-0,48	-0,47	-0,73	-0,61	-0,77	-1,23	-1,33	-1,23	-1,23	-0,46
Curtose	-0,79	-0,82	-0,75	-0,57	-0,29	-0,17	-0,12	1,03	1,50	1,06	1,06	-0,57
C. V.	47,09	45,77	44,73	42,97	39,17	37,25	39,09	33,94	29,62	32,38	32,38	42,67
Boc												
Média	437,00	459,19	469,44	453,55	469,25	451,81	473,07	530,25	581,51	570,68	570,68	450,10
Mediana	463,70	472,10	506,65	474,90	506,53	484,00	520,60	573,40	629,30	615,80	615,80	465,40
25° Per.	286,15	301,38	304,35	316,69	355,15	359,30	352,30	461,60	506,18	486,00	486,00	311,50
75° Per.	598,80	626,00	634,60	605,20	604,80	570,10	610,90	658,40	704,75	701,60	701,60	611,40
D. P.	199,95	207,16	211,00	195,54	179,81	163,18	181,92	181,94	177,02	191,42	191,42	195,47
Assimetria	-0,32	-0,17	-0,31	-0,28	-0,60	-0,66	-0,77	-1,14	-1,17	-1,03	-1,03	-0,34
Curtose	-0,85	-0,85	-0,86	-0,67	-0,42	-0,26	-0,22	0,77	0,97	0,59	0,59	-0,77
C. V.	45,75	45,11	44,95	43,11	38,32	36,12	38,46	34,31	30,44	33,54	33,54	43,43
H _n												
Média	372,68	387,41	396,12	381,97	391,07	369,36	386,24	436,71	476,45	461,76	461,76	365,38
Mediana	399,50	398,90	424,25	397,50	422,70	399,60	421,70	473,50	513,60	493,70	493,70	380,40
25° Per.	237,60	247,00	253,00	263,10	294,40	281,90	282,20	372,20	410,75	393,40	393,40	248,50
75° Per.	510,20	529,50	538,60	513,10	505,20	467,20	499,40	538,40	574,55	568,40	568,40	495,30
D. P.	177,36	178,30	180,82	167,54	153,38	141,40	154,88	155,60	148,31	160,52	160,52	163,80
Assimetria	-0,27	-0,19	-0,33	-0,32	-0,59	-0,58	-0,71	-1,00	-1,08	-0,95	-0,95	-0,29
Curtose	-0,85	-0,88	-0,89	-0,72	-0,43	-0,35	-0,27	0,60	0,95	0,56	0,56	-0,70
C. V.	47,59	46,02	45,65	43,86	39,22	38,28	40,10	35,63	31,13	34,76	34,76	44,83
H _i												
Média	-64,32	-71,84	-73,32	-71,61	-78,18	-82,45	-88,50	-94,26	-105,52	-108,92	-108,92	-84,72
Mediana	-59,62	-67,60	-72,17	-69,00	-80,65	-80,40	-85,80	-93,50	-107,25	-111,60	-111,60	-84,40
25° Per.	-89,00	-96,10	-97,05	-89,68	-97,40	-102,30	-117,40	-128,40	-133,45	-138,10	-138,10	-111,80
75° Per.	-38,60	-44,20	-45,25	-50,45	-60,00	-59,21	-56,50	-64,20	-77,15	-79,40	-79,40	-51,10
D. P.	33,74	35,38	34,88	32,95	30,25	35,17	42,53	42,69	40,16	43,13	43,13	41,92
Assimetria	-0,78	-0,40	-0,32	-0,45	-0,25	-0,60	-0,28	0,04	0,06	0,10	0,10	-0,34
Curtose	1,37	-0,56	-0,32	0,07	1,50	1,31	-0,15	-0,64	-0,29	-0,45	-0,45	-0,45
C. V.	-52,45	-49,26	-47,57	-46,01	-38,69	-42,66	-48,06	-45,29	-38,06	-39,59	-39,59	-49,49

Quadro 12: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Reserva Vale do Rio Doce, em Marabá – PA.

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H												
Média	523,12	525,21	584,95	528,40	605,40	649,75	700,66	675,82	624,64	607,88	555,75	491,77
Mediana	532,95	529,55	593,15	543,70	622,10	676,05	731,00	730,00	657,55	624,20	601,50	508,75
25° Per.	350,10	343,00	431,70	311,90	511,90	570,80	593,80	596,00	505,55	475,50	397,45	311,60
75° Per.	704,50	703,00	738,50	698,40	733,50	770,00	810,50	814,00	766,00	761,00	734,00	678,10
D. P.	235,96	231,46	212,91	225,69	163,03	157,82	133,84	200,17	197,03	206,08	230,25	233,19
Assimetria	-0,07	0,11	-0,17	-0,19	-0,52	-0,99	-1,10	-1,59	-0,57	-0,39	-0,54	-0,10
Curtose	-0,67	-0,78	-0,55	-0,69	-0,22	1,05	1,56	2,86	0,00	-0,21	-0,54	-0,97
C. V.	45,11	44,07	36,40	42,71	26,93	24,29	19,10	29,62	31,54	33,90	41,43	47,42
H _r												
Média	67,79	66,32	74,23	71,16	85,23	94,26	101,75	104,79	98,87	92,26	80,51	67,73
Mediana	71,55	68,51	77,10	74,00	87,40	96,45	104,20	112,95	105,20	96,40	89,90	72,15
25° Per.	46,47	44,76	56,83	43,30	72,25	80,05	92,90	97,86	84,30	72,60	60,54	45,99
75° Per.	90,95	87,25	93,20	93,00	101,10	113,90	114,00	122,65	119,30	113,50	105,50	93,30
D. P.	29,83	28,30	25,63	29,83	23,26	24,88	17,94	29,08	29,83	30,42	31,70	30,69
Assimetria	-0,26	-0,06	-0,36	-0,29	-0,42	-0,72	-1,16	-2,05	-0,75	-0,24	-0,80	-0,33
Curtose	-0,62	-0,74	-0,33	-0,60	-0,10	0,50	2,47	4,52	0,56	0,48	-0,24	-0,89
C. V.	44,00	42,67	34,53	41,92	27,29	26,40	17,63	27,76	30,17	32,97	39,38	45,32
Boc												
Média	455,32	458,89	510,73	457,24	520,16	555,50	598,91	571,03	525,77	515,62	475,23	424,04
Mediana	463,90	460,30	513,85	471,20	537,40	584,10	626,60	611,95	551,65	531,00	510,35	434,68
25° Per.	304,97	298,24	373,19	268,63	437,80	480,50	505,85	494,40	423,25	402,55	337,63	265,61
75° Per.	610,10	616,20	646,75	606,00	626,10	657,75	695,35	693,30	647,08	646,10	626,00	587,10
D. P.	206,35	203,32	187,41	196,02	140,76	134,61	117,54	172,24	169,09	176,48	199,30	202,97
Assimetria	-0,03	0,14	-0,14	-0,17	-0,51	-0,98	-1,03	-1,48	-0,51	-0,38	-0,48	-0,06
Curtose	-0,67	-0,78	-0,57	-0,70	-0,26	1,05	1,29	2,49	-0,15	-0,29	-0,59	-0,98
C. V.	45,32	44,31	36,70	42,87	27,06	24,23	19,63	30,16	32,16	34,23	41,94	47,87
H _n												
Média	398,47	399,00	443,69	407,80	450,53	475,27	516,28	490,96	456,36	444,18	411,82	364,90
Mediana	404,25	399,80	450,20	423,40	464,10	500,80	535,15	528,90	476,55	456,55	443,35	366,25
25° Per.	258,25	253,00	327,70	248,70	382,80	409,40	439,60	425,50	369,20	342,60	295,15	220,40
75° Per.	535,80	542,10	572,20	544,50	544,60	563,40	602,60	589,40	558,70	556,95	543,00	517,10
D. P.	186,44	182,22	166,51	177,23	123,74	118,73	102,79	144,79	146,14	151,34	176,43	182,88
Assimetria	0,00	0,15	-0,14	-0,18	-0,49	-0,93	-0,96	-1,59	-0,50	-0,44	-0,51	0,00
Curtose	-0,67	-0,80	-0,62	-0,69	-0,33	0,91	1,02	2,83	-0,11	-0,25	-0,55	-0,93
C. V.	46,79	45,67	37,53	43,46	27,46	24,98	19,91	29,49	32,02	34,07	42,84	50,12
H _i												
Média	-56,85	-59,90	-67,04	-49,44	-69,63	-80,23	-82,63	-80,06	-69,42	-71,44	-63,41	-59,15
Mediana	-54,79	-58,80	-66,70	-48,20	-70,05	-81,70	-83,28	-80,50	-70,35	-71,35	-67,30	-53,62
25° Per.	-71,78	-75,60	-83,00	-67,00	-86,00	-95,45	-102,45	-103,00	-89,35	-89,70	-82,15	-78,80
75° Per.	-40,43	-43,04	-49,48	-33,97	-54,76	-68,10	-67,35	-56,60	-48,31	-50,25	-43,51	-36,42
D. P.	25,20	23,78	23,49	21,30	21,52	21,05	26,86	37,39	28,05	28,64	26,37	33,07
Assimetria	-0,51	-0,29	-0,11	-0,06	0,12	0,47	0,47	-0,16	0,00	-0,45	-0,14	-1,09
Curtose	0,49	-0,19	-0,19	-0,69	-0,42	-0,02	0,18	0,39	-0,53	0,86	0,30	4,54
C. V.	-44,32	-39,69	-35,04	-43,09	-30,91	-26,24	-32,50	-46,70	-40,41	-40,08	-41,58	-55,91

Quadro 13: Características da distribuição de frequência mensal dos componentes do balanço da radiação na Fazenda Boa Sorte, em Marabá – PA.

Mês	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
H												
Média	599,45	559,41	620,09	612,30	636,97	667,62	701,33	639,10	588,29	573,36	571,87	571,87
Mediana	617,20	564,13	629,80	642,65	643,00	691,20	731,00	656,80	621,70	582,00	613,15	613,15
25° Per.	445,10	397,90	482,00	466,48	539,15	589,70	599,75	524,00	458,90	444,80	428,25	428,25
75° Per.	757,50	756,00	778,50	782,50	765,00	775,00	816,00	782,00	738,00	710,00	719,00	719,00
D. P.	210,31	238,93	211,29	210,73	164,89	145,38	138,21	183,87	201,72	186,46	187,41	187,41
Assimetria	-0,17	-0,29	-0,23	-0,43	-0,48	-1,03	-0,98	-0,59	-0,40	-0,24	-0,71	-0,71
Curtose	-0,38	-0,44	-0,56	-0,55	-0,15	1,53	1,43	-0,28	-0,58	-0,50	-0,27	-0,27
CV	35,08	42,71	34,07	34,42	25,89	21,78	19,71	28,77	34,29	32,52	32,77	32,77
H _r												
Média	96,20	92,99	104,56	104,55	110,81	113,31	116,91	101,11	85,92	89,17	102,78	102,78
Mediana	101,40	96,90	110,35	111,10	114,35	118,00	121,70	106,00	89,50	92,90	110,00	110,00
25° Per.	75,00	71,20	86,25	84,10	96,70	101,00	104,60	76,20	66,27	69,61	81,40	81,40
75° Per.	119,30	122,70	127,65	128,65	130,70	130,80	133,70	126,60	110,60	109,50	128,10	128,10
D. P.	31,38	37,75	31,69	32,93	26,27	25,19	23,07	32,73	30,55	27,85	33,04	33,04
Assimetria	-0,51	-0,54	-0,53	-0,69	-0,70	-1,25	-1,21	-0,37	-0,36	-0,41	-0,90	-0,90
Curtose	-0,04	-0,09	-0,16	-0,08	0,29	2,41	2,28	-0,61	-0,63	-0,45	0,19	0,19
CV	32,62	40,60	30,31	31,50	23,70	22,23	19,74	32,37	35,56	31,24	32,15	32,15
Boc												
Média	503,25	466,42	515,53	507,75	526,16	554,31	584,42	538,00	502,37	484,19	469,08	469,08
Mediana	509,30	467,28	516,65	530,70	529,38	575,10	607,10	557,10	529,50	490,90	500,55	500,55
25° Per.	367,60	327,50	392,83	380,48	441,70	488,00	494,90	439,80	393,24	371,10	346,65	346,65
75° Per.	634,70	634,00	652,05	650,25	635,30	643,00	682,70	659,80	626,40	601,40	593,90	593,90
D. P.	182,00	204,09	180,15	178,43	139,16	122,12	119,09	155,98	172,71	160,30	155,17	155,17
Assimetria	-0,06	-0,24	-0,17	-0,37	-0,42	-0,96	-0,82	-0,57	-0,39	-0,17	-0,65	-0,65
Curtose	-0,35	-0,47	-0,61	-0,63	-0,23	1,30	1,15	-0,30	-0,59	-0,48	-0,37	-0,37
CV	36,16	43,76	34,95	35,14	26,45	22,03	20,38	28,99	34,38	33,11	33,08	33,08
H _n												
Média	435,71	395,29	431,97	403,85	449,37	468,04	475,31	432,91	406,05	403,77	387,30	387,30
Mediana	444,60	388,55	441,10	420,95	456,10	482,00	495,95	452,20	429,40	405,70	414,35	414,35
25° Per.	312,20	283,40	312,90	308,35	379,30	406,30	412,30	353,90	323,00	310,50	282,30	282,30
75° Per.	549,60	531,70	545,50	505,30	540,80	542,80	549,20	529,80	505,40	502,00	493,90	493,90
D. P.	163,94	176,01	155,36	142,19	121,60	104,61	93,77	125,37	139,65	134,41	131,75	131,75
Assimetria	0,06	-0,13	-0,22	-0,32	-0,49	-0,93	-1,10	-0,58	-0,36	-0,14	-0,62	-0,62
Curtose	-0,17	-0,45	-0,60	-0,48	-0,12	1,27	1,70	-0,32	-0,49	-0,41	-0,39	-0,39
CV	37,63	44,53	35,97	35,21	27,06	22,35	19,73	28,96	34,39	33,29	34,02	34,02
H _i												
Média	-68,18	-72,46	-83,56	-103,90	-76,85	-86,27	-109,11	-105,09	-96,32	-80,42	-81,78	-81,78
Mediana	-68,30	-74,23	-81,30	-86,85	-64,18	-86,40	-107,60	-103,80	-95,80	-77,10	-84,20	-84,20
25° Per.	-85,70	-100,60	-100,40	-128,85	-95,80	-109,75	-132,90	-130,70	-124,80	-105,50	-101,60	-101,60
75° Per.	-48,41	-35,30	-61,50	-63,15	-48,30	-58,80	-88,70	-73,70	-63,60	-54,80	-64,50	-64,50
D. P.	30,95	42,05	30,28	60,64	42,11	32,88	33,98	46,23	40,43	34,45	27,46	27,46
Assimetria	-1,10	-0,27	-0,79	-1,16	-1,52	-0,98	-0,59	-1,72	-0,19	-0,32	0,21	0,21
Curtose	6,68	-0,27	0,74	0,67	3,45	5,27	2,17	8,59	-0,59	-0,49	-0,40	-0,40
CV	-45,40	-58,03	-36,24	-58,36	-54,80	-38,11	-31,14	-43,99	-41,98	-42,84	-33,57	-33,57

As Figuras 8 e 9 apresentam a variação da assimetria e da curtose do saldo de radiação e da irradiância solar global nos sítios experimentais de Ji-Paraná – RO, Manaus – AM e Marabá – PA na floresta e na pastagem. Observa-se que quando a curtose é máxima a assimetria apresenta os menores valores. As maiores curtoses e menores assimetrias ocorrem entre junho e agosto.

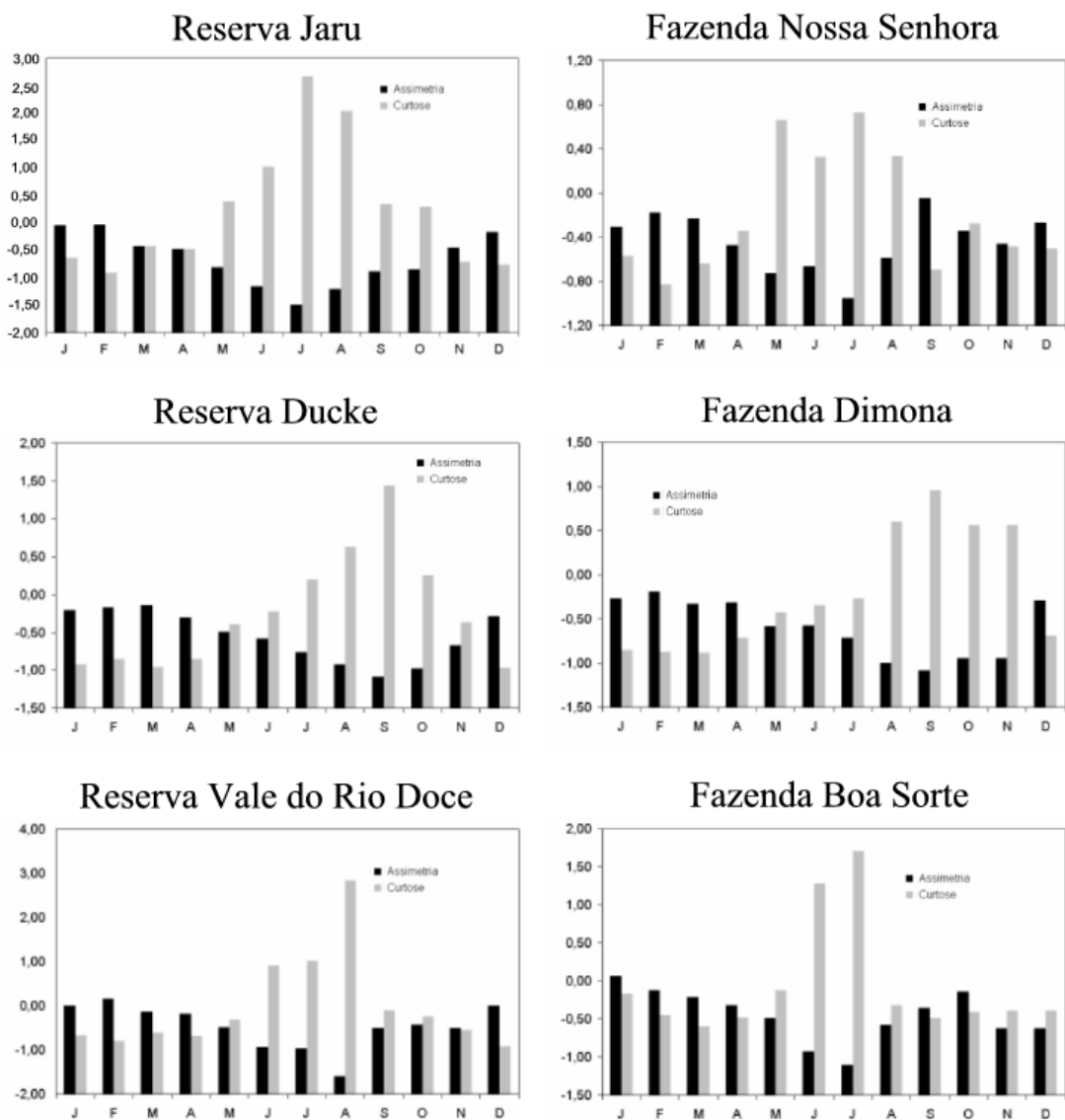


Figura 8: Assimetria e curtose do saldo de radiação nos sítios de floresta e de pastagem em Ji-Paraná - RO, Manaus - AM e Marabá - PA.

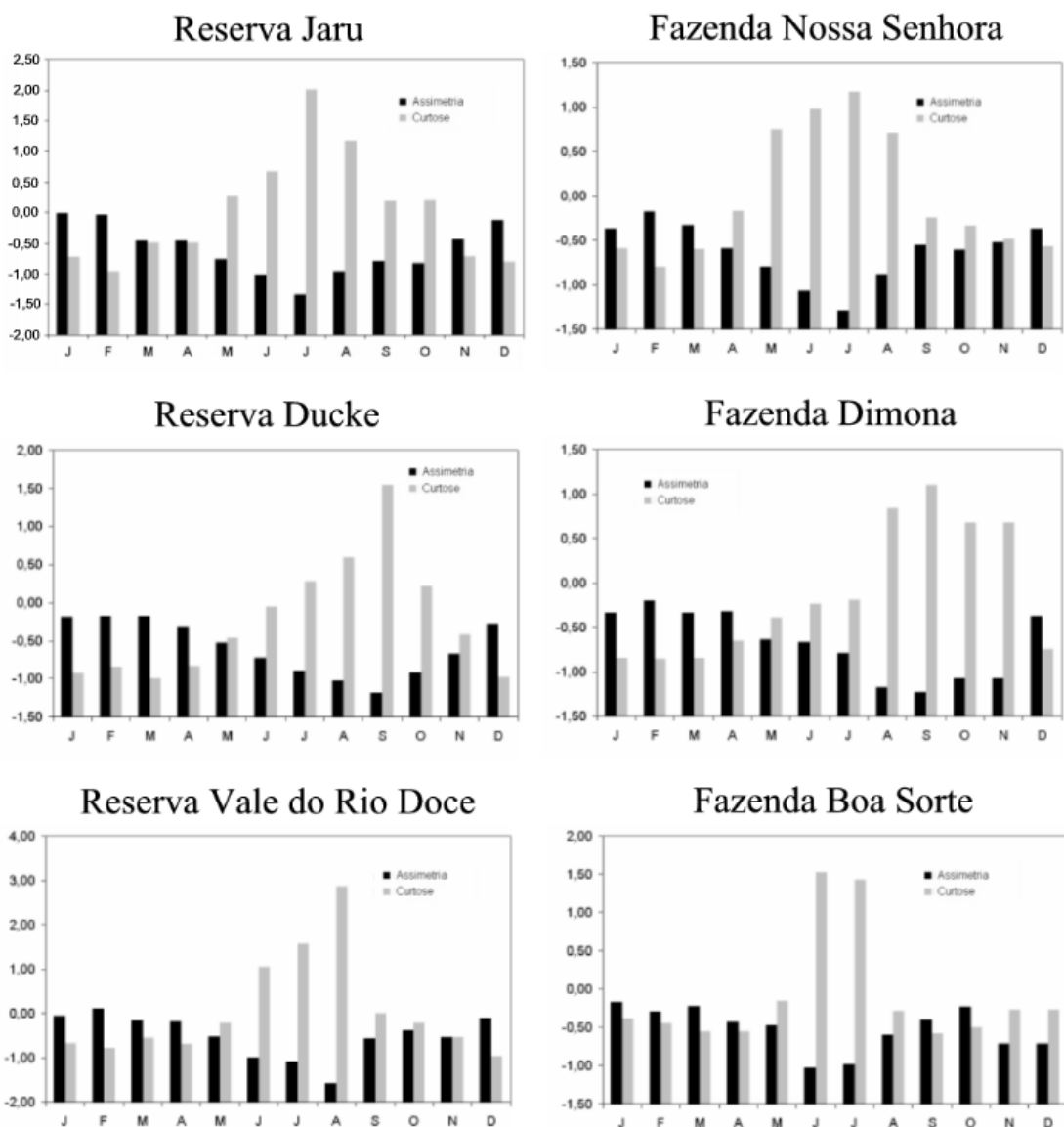


Figura 9: Assimetria e curtose da irradiância solar global nos sítios de floresta e pastagem de Ji-Paraná - RO, Manaus - AM e Marabá - PA.

4.2. Avaliação dos modelos de estimativa do balanço de radiação de ondas longas em áreas de floresta e de pastagem na Região Amazônica.

Os resultados da avaliação dos modelos de estimativa do balanço de radiação de ondas longas, MONTEITH e SZEICZ (1961) e de GAY (1969), com base no erro padrão da estimativa (EPE) e no erro percentual médio (EPM), nos sítios experimentais de floresta e de pastagem em Ji-Paraná – RO, Manaus – AM e Marabá – PA, estão apresentados nos Quadros 14 a 19. As Figuras 10 a 15 ilustram a comparação entre as estimativas diárias médias do balanço de radiação de ondas longas pelos métodos mencionados e os valores calculados com base nas medições do saldo de radiação, da irradiância solar global e do albedo.

O modelo proposto por GAY (1969) foi o que apresentou menores erros de estimativa, expressos pelo EPE e o EPM, em todos os sítios experimentais de floresta e de pastagem. A variação média do EPE nos sítios de floresta foi de 6,68 a 11,89 MJ.m⁻² pelo método de GAY (1969) e de 7,85 a 12,71 MJ.m⁻² pelo método de MONTEITH e SZEICZ (1961). Nos sítios de pastagem a variação média do EPE foi de 5,22 a 6,18 MJ.m⁻² pelo método de GAY (1969) e de 6,13 a 7,49 MJ.m⁻² pelo método de MONTEITH e SZEICZ (1961).

A variação média do EPM em áreas de floresta foi de 6,81 a 13,3% pelo modelo de GAY (1969) e de 7,01 a 14,54% pelo modelo de MONTEITH e SZEICZ (1961). Nos sítios experimentais de pastagem a variação média de EPM foi de 8,39 a 11,49% pelo método de GAY (1969) e de 9,99 a 13,5% pelo método de MONTEITH e SZEICZ (1961).

Quadro 14: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, Monteith & Szeicz (1961) e de Gay (1969), na Reserva Jaru em Ji-Paraná- RO.

Mês	Monteith & Szeicz		Gay	
	EPE	EPM	EPE	EPM
J	5,30	11,90	4,75	10,62
F	5,53	14,58	4,92	12,96
M	6,84	18,26	6,05	16,06
A	7,70	18,85	6,71	16,45
M	9,65	24,30	8,28	20,85
J	11,87	23,15	10,07	19,63
J	12,68	14,38	10,87	12,33
A	10,20	13,17	8,57	11,07
S	6,22	8,35	5,37	7,22
O	6,87	12,24	5,95	10,60
N	5,82	11,29	5,06	9,82
D	5,85	13,99	5,06	12,09

Quadro 15: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, Monteith & Szeicz (1961) e de Gay (1969), na Fazenda Nossa Senhora Aparecida em Ji-Paraná – RO.

Mês	Monteith & Szeicz		Gay	
	EPE	EPM	EPE	EPM
Série total	15,62	16,54	13,00	13,80
J	6,75	8,69	5,89	7,59
F	7,89	8,96	6,72	7,64
M	5,29	13,14	4,49	11,15
A	6,27	13,44	5,39	11,56
M	8,72	18,78	7,37	15,87
J	9,40	20,78	7,94	17,55
J	8,56	10,21	6,97	8,31
A	8,62	5,96	6,87	4,75
S	13,22	4,83	9,65	3,52
O	5,63	5,14	4,82	4,40
N	4,41	4,24	3,75	3,615
D	5,17	5,68	4,35	4,78

Quadro 16: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, Monteith & Szeicz (1961) e de Gay (1969), na Reserva Ducke em Manaus – AM.

Mês	Monteith & Szeicz		Gay	
	EPE	EPM	EPE	EPM
Série total	8,17	14,39	6,94	12,22
J	13,93	22,26	12,84	20,51
F	10,24	9,78	9,36	8,94
M	16,53	21,19	15,34	19,49
A	5,43	6,78	5,16	6,45
M	17,21	34,71	15,80	31,87
J	12,59	9,51	11,47	8,66
J	10,68	4,75	9,89	4,40
A	20,75	27,13	19,71	25,78
S	17,94	19,78	17,28	19,05
O	12,60	1,64	12,08	10,20
N	6,21	2,68	5,89	2,54
D	8,35	6,73	7,85	6,32

Quadro 17: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, Monteith & Szeicz (1961) e de Gay (1969), na Fazenda Dimona em Manaus – AM.

Mês	Monteith & Szeicz		Gay	
	EPE	EPM	EM	EPM
Série Total	8,17	14,39	-0,0012	12,22
J	5,34	13,34	-0,0037	11,73
F	5,47	12,17	0,0073	10,59
M	4,77	12,52	0,0026	10,84
A	4,83	11,52	0,0054	9,96
M	6,91	16,73	-0,0046	14,28
J	6,01	12,21	0,0069	10,28
J	8,67	14,83	-0,0038	12,57
A	7,70	13,88	0,0017	11,79
S	7,43	13,96	0,0027	11,78
O	5,93	13,37	0,0071	11,14
N	5,33	12,40	0,0036	10,30
D	5,20	15,18	-0,0019	12,67

Quadro 18: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, Monteith & Szeicz (1961) e de Gay (1969), na Reserva Vale do Rio Doce em Marabá – PA.

Mês	Monteith & Szeicz		Gay	
	EPE	EPM	EPE	EPM
Série Total	9,74	12,02	8,83	10,89
J	8,36	10,02	7,64	9,15
F	7,29	11,89	6,55	10,69
M	8,91	11,53	8,02	15,79
A	8,22	11,20	7,61	10,38
M	8,37	8,88	7,58	8,04
J	7,57	6,69	6,79	6,00
J	8,38	3,99	7,63	3,64
A	9,67	3,78	8,75	3,42
S	7,06	2,14	6,49	1,97
O	6,42	2,24	5,86	2,04
N	5,46	5,26	4,93	4,75
D	8,50	6,55	2,26	5,89

Quadro 19: Erro padrão da estimativa e erro percentual médio dos modelos de estimativa do balanço de radiação de onda longa, Monteith & Szeicz (1961) e de Gay (1969), na Fazenda Boa Sorte em Marabá – PA.

Mês	Monteith & Szeicz		Gay	
	EPE	EPM	EPE	EPM
Série Total	10,56	18,16	9,10	15,66
J	6,02	8,07	5,42	7,26
F	4,39	7,96	3,84	6,96
M	3,90	9,35	3,38	8,10
A	3,274	10,62	2,68	8,70
M	7,30	14,43	6,43	12,71
J	10,75	18,33	9,43	16,06
J	16,39	43,22	13,74	16,23
A	8,32	6,53	6,99	5,49
S	4,74	2,93	4,05	2,50
O	4,01	3,22	3,51	2,82
N	4,05	6,66	4,38	5,78
D	8,97	15,38	7,77	13,31

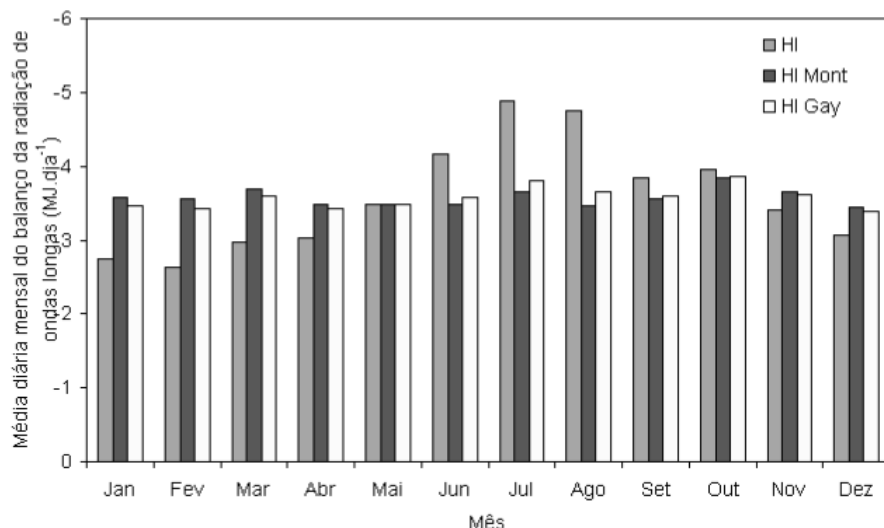


Figura 10: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Reserva Jaru em Ji-Paraná - RO.

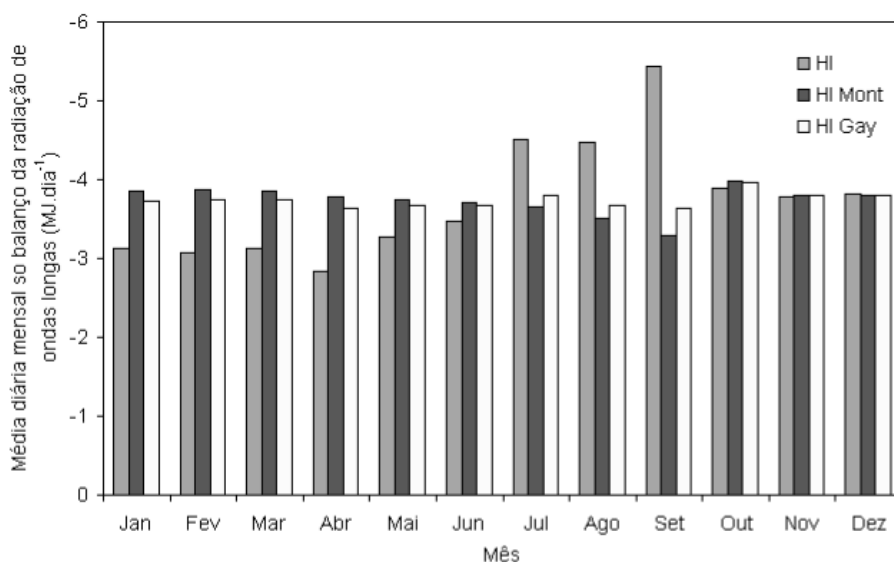


Figura 11: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Fazenda Nossa Senhora em Ji-Paraná - RO.

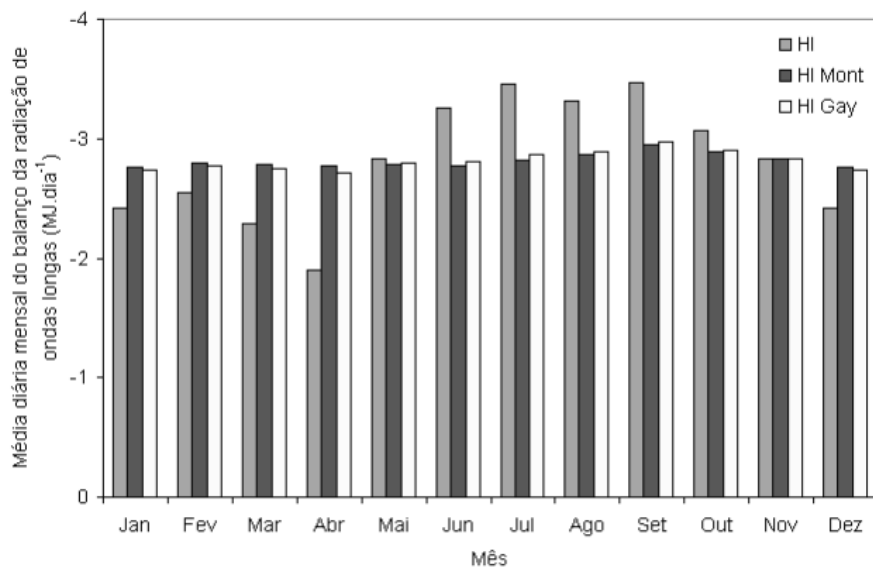


Figura 12: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas, determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Reserva Ducke em Manaus - AM.

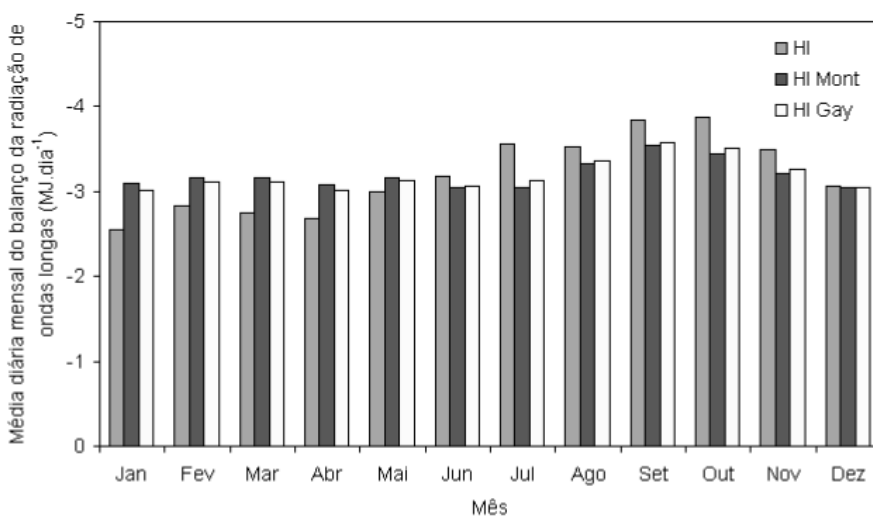


Figura 13: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas, determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Fazenda Dimona em Manaus - AM.

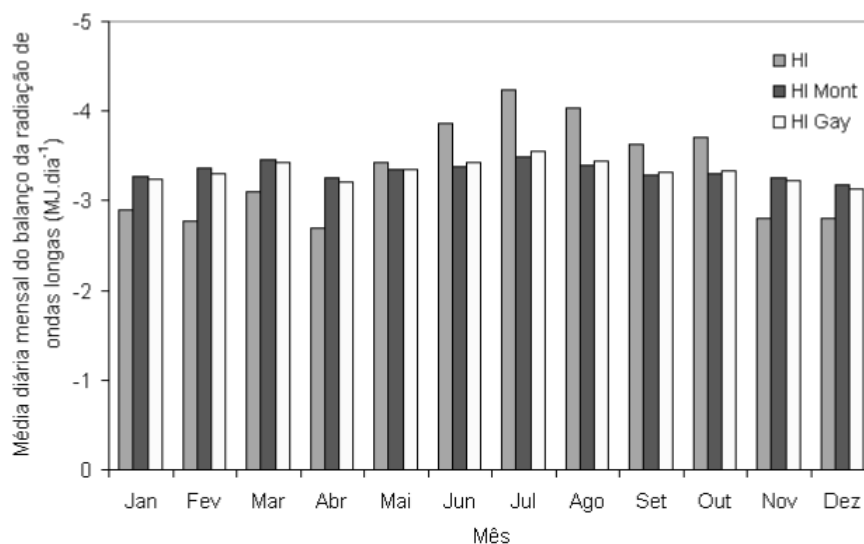


Figura 14: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas, determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Reserva Vale do Rio Doce em Marabá - PA.

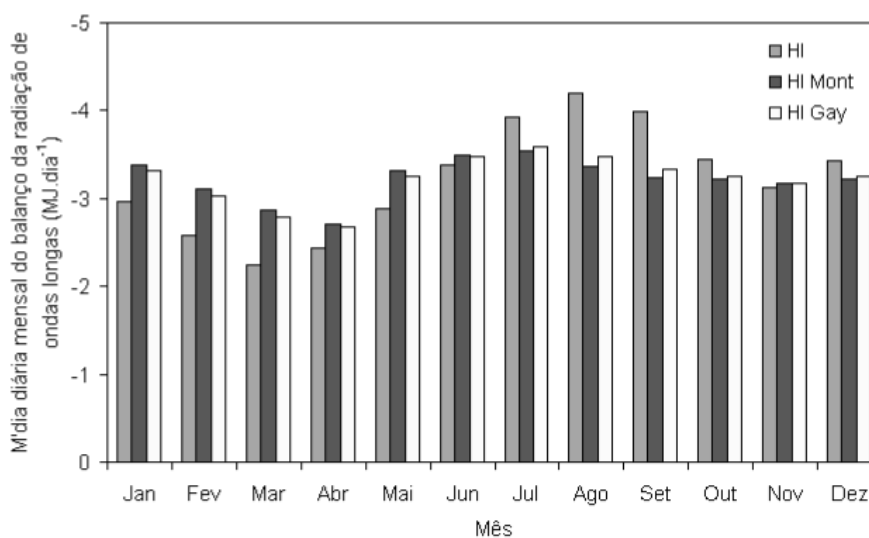


Figura 15: Média diária mensal do balanço de radiação de ondas longas, determinado como o resíduo entre o saldo de radiação e o balanço de radiação de ondas curtas e as correspondentes estimativas pelos modelos de Monteith & Szeicz(1961) e de Gay(1969), na Fazenda Boa Sorte em Marabá - PA.

4.3. Variação sazonal da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) na Reserva Florestal de Caxiuanã, em Melgaço – PA.

A variação dos valores médios horários da radiação fotossinteticamente ativa durante o período diurno de 7:00 às 17:00 h, nos meses de abril a agosto de 1999, na Reserva Florestal de Caxiuanã está ilustrada na Figura 16. Observa-se uma tendência de diminuição da magnitude da radiação fotossinteticamente ativa no período mais chuvoso (abril e maio) em relação ao período menos chuvoso (junho e agosto), sugerindo que a nebulosidade é um importante controlador das magnitudes da radiação fotossinteticamente ativa nesses meses.

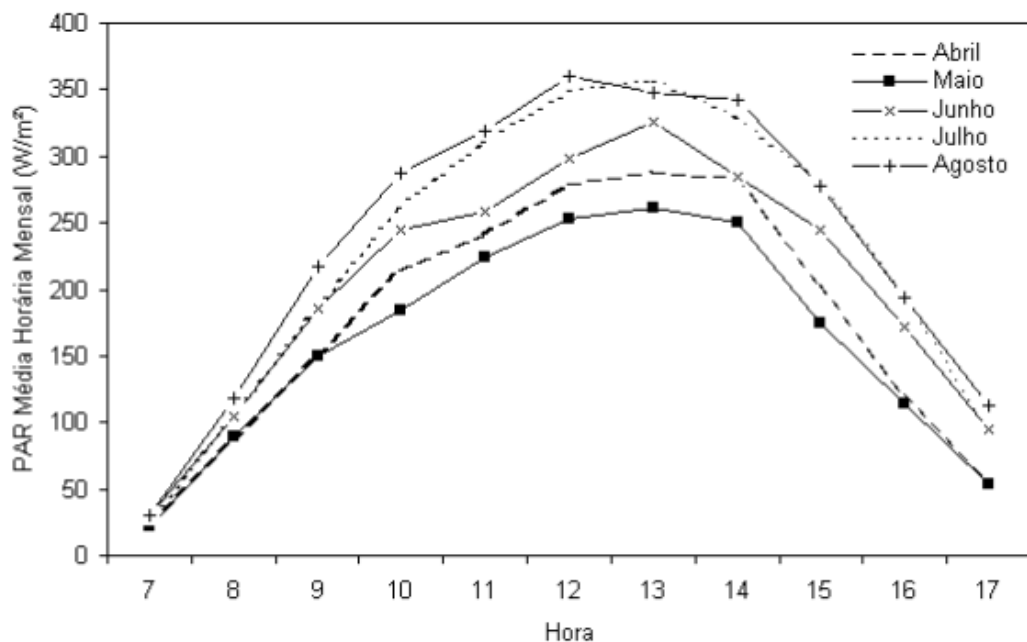


Figura 16: Radiação fotossinteticamente ativa média horária mensal, no período de abril a agosto de 1999, na Reserva Florestal de Caxiuanã.

A Figura 17 apresenta a variação da razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global, associada com a distribuição dos totais diários de precipitação no período de medições, de abril a

agosto de 1999, em Caxiuanã – PA. Esses resultados são representativos de diferentes condições de nebulosidade, predominantes no período mais chuvoso e no período menos chuvoso. Observa-se uma maior variação dessa razão no período mais chuvoso. Essa razão apresentou pequena variação durante o período estudado, variando de $0,45 \pm 0,01$ em abril (período mais chuvoso) a $0,44 \pm 0,01$ em agosto (período menos chuvoso), tendo-se obtido um valor médio de 0,44 para todo o período de abril a agosto.

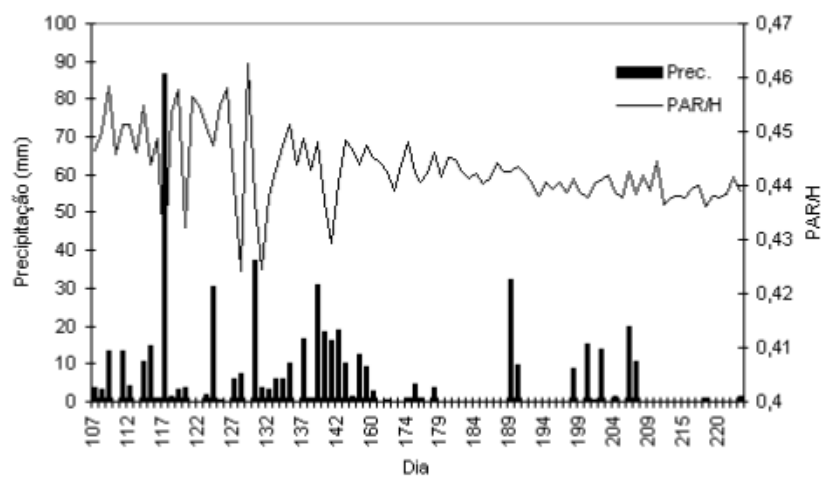


Figura 17: Razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global associada a precipitação na Reserva Florestal de Caxiuanã - PA.

STIGTER e MUSABILHA (1982) baseados em 29 dias de medições determinaram a razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global em Dar es Salaan, Tanzânia (7° S) tendo encontrado uma variação de $0,51 \pm 0,01$, para condições de céu claro, a $0,63 \pm 0,02$, para condições de céu encoberto. Os resultados obtidos em Caxiuanã são mais consistentes com os valores obtidos por HANSEN (1984) na Noruega, 0,43 a 0,45 e com os resultados obtidos por UDO e ARO (1999) na Nigéria, que verificaram uma variação de 0,44, na estação seca, a 0,46 na estação chuvosa. A afirmação feita

por STIGTER e MUSABILHA (1982) de que a razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global deveria ser considerada conservativa, ao invés de constante, também se aplica aos resultados obtidos em Caxiuanã – PA.

A variação média diurna da razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global para os meses de abril a agosto está ilustrada na Figura 18. Observa-se uma tendência nítida de valores ligeiramente maiores para esse razão nos meses mais chuvosos de abril e maio, a partir das 10:00h, possivelmente devido ao aumento de nebulosidade predominante após o meio-dia, especialmente no período mais chuvoso.

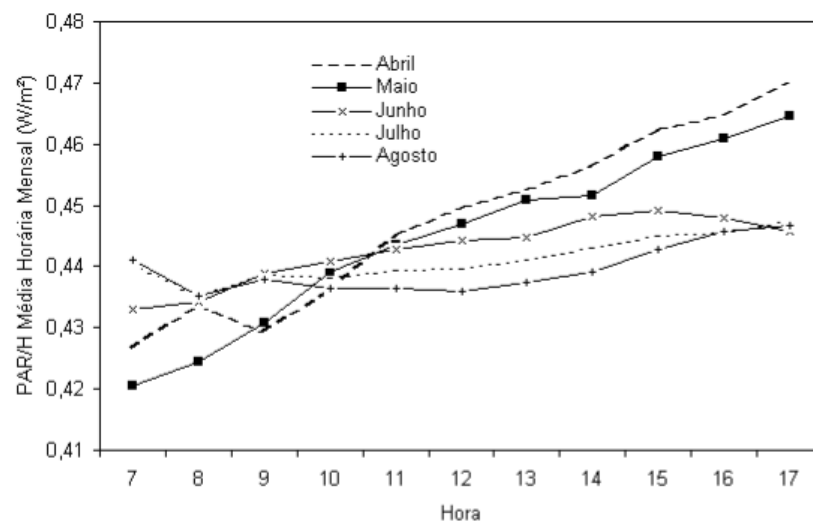


Figura 18: Razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global no período diurno de 7:00 ‘as 17:00 h, na Reserva Florestal de Caxiuanã, em Melgaço - PA.

As análises de regressão linear entre os totais diários da radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global, ilustradas na Figura 19 indicam que a radiação fotossinteticamente ativa é aproximadamente 44% da irradiância solar global. Resultados semelhantes foram obtidos pelas regressões

lineares entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global em base horária, com coeficientes de determinação superiores a 0,99, conforme está ilustrado na Figura 20.

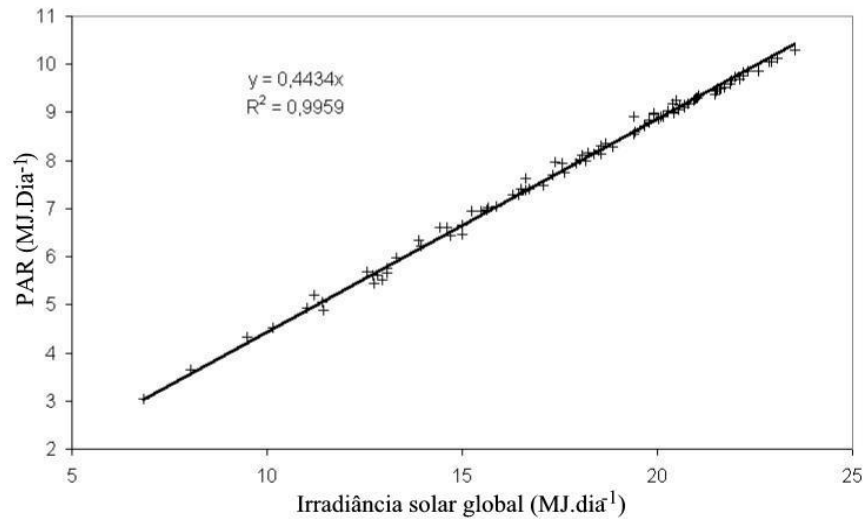


Figura 19: Radiação fotossinteticamente ativa diária em função da irradiância solar global diária na Reserva de Caxiuanã - PA.

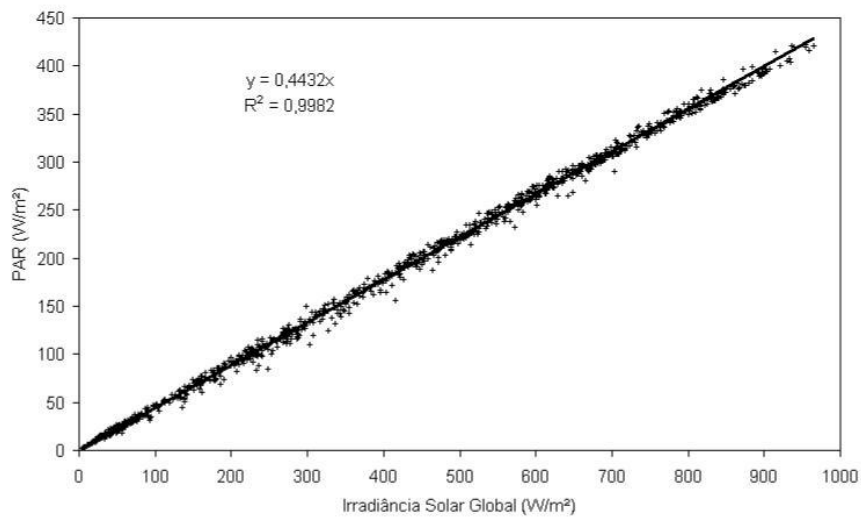


Figura 20: Radiação fotossinteticamente ativa horária em função da irradiância solar global horária na Reserva de Caxiuanã - PA.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Neste trabalho foi analisada a distribuição de frequência do balanço de radiação e de seus componentes em áreas experimentais do projeto ABRACOS; avaliou-se as estimativas do balanço de radiação de ondas longas feitas pelos modelos de MONTEITH & SZEICZ (1961) e de GAY (1969); e descreveu-se a variação sazonal da radiação fotossinteticamente ativa na Reserva florestal de Caxiuanã, em Melgaço-PA. Esses objetivos foram atingidos utilizando-se dados do projeto ABRACOS, coletados em áreas experimentais de floresta e de pastagem, em Ji-Paraná - RO, Manaus - AM e Marabá – PA. A variação sazonal da radiação fotossinteticamente ativa baseou-se em dados coletados na Reserva florestal de Caxiuanã, no período de abril a agosto de 1999.

As principais conclusões deste trabalho foram as seguintes:

- 1) A distribuição estatística normal mostrou-se adequada para descrever a distribuição de frequência dos valores médios horários, entre 10:00 e 14:0 h, do balanço de radiação e de seus componentes, em base anual;
- 2) A distribuição de frequência mensal dos valores médios horários, entre 10:00 e 14:0 h, do balanço de radiação e de seus componentes variou durante o ano, sendo que a distribuição normal não foi a

mais adequada, na maioria dos meses, para descrever a distribuição de frequência dos respectivos dados de radiação;

- 3) A avaliação dos modelos de estimativa do balanço de radiação de ondas longas, com base no erro padrão da estimativa e no erro percentual médio, mostrou que o modelo proposto por GAY (1969) foi superior ao modelo de MONTEITH & SZEICZ (1961) em todos os sítios experimentais de floresta e de pastagem estudados, durante todos os meses do ano;
- 4) A razão entre a radiação fotossinteticamente ativa e a irradiância solar global, na Reserva Florestal de Caxiuanã – PA, apresentou pequena variação sazonal, tendo-se obtido o valor médio de 0,44 para essa razão durante o período estudado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AASE, S. B., IDSO, S. B. Comparison on two formula types for calculating long-wave radiation from the atmosphere. **Water Resources Research**, v. 14, n. 4, p. 623-625, 1978.
- BASTABLE, H. G., SHUTTLEWORTH, W. J., DALLAROSA, R. L. G. FISCH, G., NOBRE, C. A. Observations of climate, albedo and surface radiation over cleared and undisturbed Amazonian forest. **International Journal of Climatology**, v. 13, n. 7, p. 783-796, 1993.
- BRUNT, D. Notes on radiation in the atmosphere. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 58, p. 389-420, 1932.
- BRUTSAERT, W. On a derivable formula for long-wave radiation from clear skies. **Water Resour. Res.**, v 11, p. 742-744, 1975.
- CULF, A. D., ESTEVES, J. L., MARQUES FILHO, A. O., ROCHA, H. R. Radiation, temperature and humidity over Forest and pasture in Amazonia. In: GASH, J. H.C., NOBRE, C. A., ROBERTS, J. M., VICTORIA, R. L. (Ed) **Amazonian deforestation and climate**. Chichester: John Wiley & Sons, 1996. p. 175-191.

- DILLEY, A. C., O'BRIEN, D. M. Estimating downward clear-sky irradiance at the surface from screen temperature and precipitable water. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 124, p. 1391-1401, 1998.
- ESPÍNOLA SOBRINHO, J. E. **Análise dos termos aerodinâmico e balanço de energia da equação de Penman, para Viçosa, MG**. Viçosa, MG: UFV, 1987. 87 p. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) - Universidade Federal de Viçosa, 1987.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Report on the expert consultation on procedures for revision of FAO guidelines for prediction of crop water requirements**. Roma: FAO, 1991, 45 p.
- GASH, J. H.C., NOBRE, C. A., ROBERTS, J. M., VICTORIA, R. L. (ed) **Amazonian deforestation and climate**. Chichester, United Kingdom: John Wiley & Sons, 1996. p. 549-576.
- GAY, L .W. On the regression relation between net and solar radiation. In: CONFERENCE ON AGRICULTURAL AND METEOROLOGY, 9, 1969, Seattle, Washington. **Anais...** Seattle, Washington: American Meteorological Society, 1969. p. 8-10.
- HANSEN, V. Spectral distribution of solar radiation on clear days: a comparison between measurements and model estimates. **Journal Climate Applied Meteorology**. v. 23, p. 772-780.
- HATFIELD, J. L., REGINATO, R. J., IDSO, S. B. Comparison of long-wave radiation calculation methods over the United States. **Water Resources Research**, v. 19, n. 1, p. 285-288, 1983.
- HERMANN, D. F., HARRINGTON, G. J., STAHL, K. M. Empirical estimation of daily clear sky solar radiation. **Journal of Climate and Applied Meteorology**, v. 24, n. 3, p. 206-214, 1985.
- IDSO, S. B. A set of equations for full spectrum and 8 to 14 μm thermal radiation from cloudless skies. **Water Resources Research**, v. 17, n. 2, p. 295-304, 1981.

- IDSO, S. B., JACKSON, R. D. Thermal radiation from the atmosphere, **Journal of Geophysical Research**, v. 74, p. 5397-5403, 1969.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E AMAZÔNIA LEGAL. **Projeto PROARCO**. Brasília, DF: IBAMA, 2000. (<http://www.ibama.gov.br/index0.htm>).
- JENSEN, M. E., BURMAN, R. D., ALLEN, R. G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. New York: ASCE, 1989. 332 p. (Manuals and Reports on Engineering Practice, 70).
- KNEIZYS, F. X., SHETTLE, E. P., GALLERY, W. O., CHETWYND Jr., J. H., ABREU, L. W., SELBY, J. E. A., FENN, R. W. **Atmospheric transmittance/radiance computer code LOWTRAN 6**. US: Air Force Systems Command, USAF, 1983. 200 p. II. (Environmental Research Papers, n. 846. AFGL-TR-83-0187).
- LYRA, R. F. F., MOURA, M. A. L., BENICASA, M. Variação sazonal do saldo de radiação em áreas de floresta e pastagem na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 11, 1999, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: SBA, 1999. p. 2232-2237. (cd-rom).
- MANZI, A. O., VISWANADHAM, Y. SÁ, L. D., ANDRÉ, R. G. B. **Um estudo sobre balanço de radiação na floresta amazônica**. São José dos Campos: INPE, 1986. 19p.
- McCREE, K. J. Test of current definitions of photosynthetically active radiation against leaf photosynthesis data. **Agricultural and Meteorology**. v. 10, p. 443-453, 1972
- MONTEITH, J. L., SZEICZ, G. The radiation balance of bare soil and vegetation. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 87, n. 372, p. 159-170, 1961.
- PEREIRA, E. B., ABREU, S. L., STUHLMANN, R., RIELAND, M., COLLE, S. Survey of the solar radiation in Brazil by use of meteosat satellite data. **Solar Energy**, v. 57, n. 2, p. 128-132, 1996.

- PRATA, A. J. A new long-wave formula for estimating downward clear-sky radiation at the surface. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 122, p. 1127-1151, 1996.
- RESCHKE, G. A. **Influência do desmatamento no balanço de radiação e nos fluxos de calor sensível e calor latente em Ji-Paraná, Rondônia**. Viçosa, MG: UFV, 1997. 51p. Dissertação (Mestrado em meteorologia agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1997.
- RIBEIRO, J. B. M. **Análise comparativa das características microclimáticas entre áreas de floresta e de pastagem na Amazônia**. Viçosa, MG: UFV, 1994. 67 p. il. Dissertação (Mestrado em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, 1994.
- SANTOS, J. M., SILVA FILHO, V. P., FISH, G., NECHET, D. **Radiação de onda longa, utilizando observações de superfície na região de Tucuruí – Pará**. Brasília, DF: Instituto Nacional de Meteorologia, 1981. 53p.
- SATTERLUND, D. R. An Improved Equation for Estimating Long-Wave Radiation of the Atmosphere. **Water Resources Research**, v. 15, n. 6, p. 1649-1650, 1979.
- STATSOFT, STATISTICA for windows (Computer program manual). Tulsa, OK: StatSoft, 1995.
- STIGTER, C. J., MUSABILHA, V. M. M. The conservative ratio of photosynthetically active radiation to total radiation in the tropics. **Journal Applied Ecology**. v. 19, p. 853-858.
- SWINBANK, W. C. Long-wave radiation from the atmosphere. **Journal of Geophysical Research**, v. 89, p. 339-348, 1963.
- UDO, S. O., ARO, T. O. Global PAR related to global solar radiation for central Nigeria. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 97, p. 21-31, 1999.
- WRIGHT, J. L., JENSEN, M. E. Peak water requirements of crops in southern Idaho. **Journall of Irrigation and Drainage**, v. 96 p. 193-201. 1972.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Distribuição de Frequência em Base Mensal da Irradiância Solar Global nos Sítios Experimentais de Floresta e de Pastagem em Ji-Paraná - RO

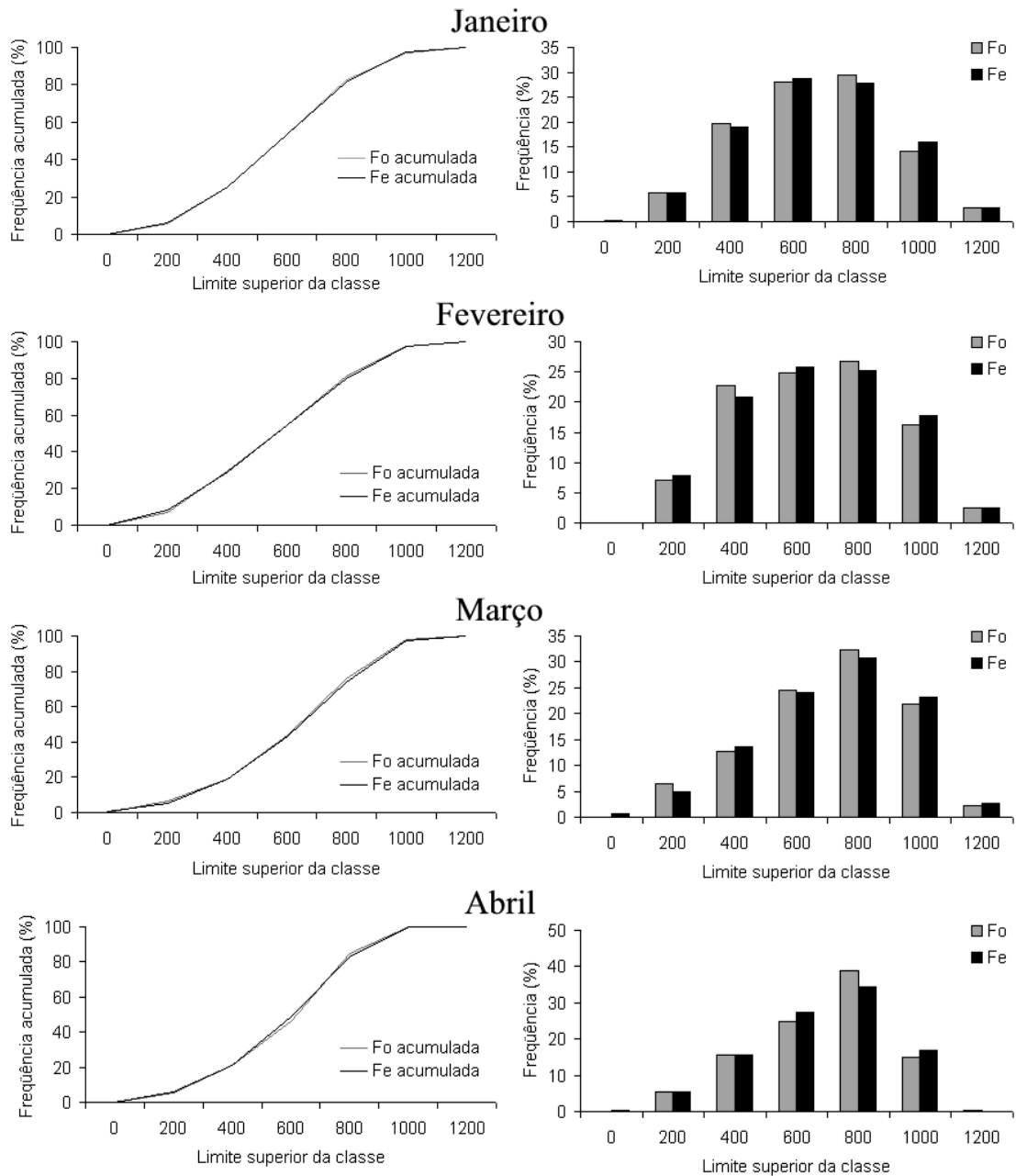


Figura 1A: Distribuição de frequência da irradiância solar global de janeiro a abril no sítio experimental de floresta em Ji-Paraná - RO.

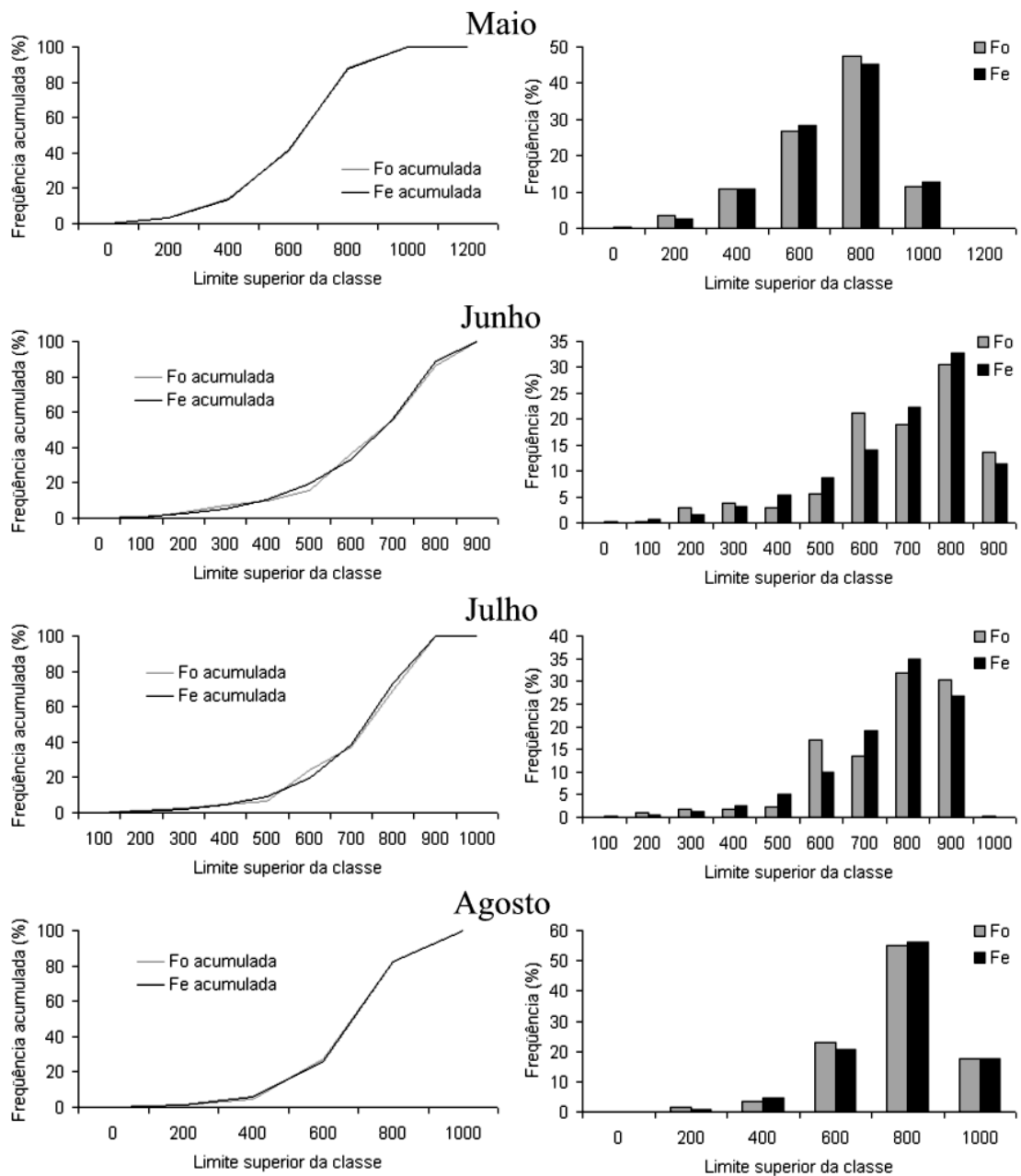


Figura 2A: Distribuição de freqüência da irradiância solar global de maio a agosto no sítio experimental de floresta em Ji-Paraná – RO.

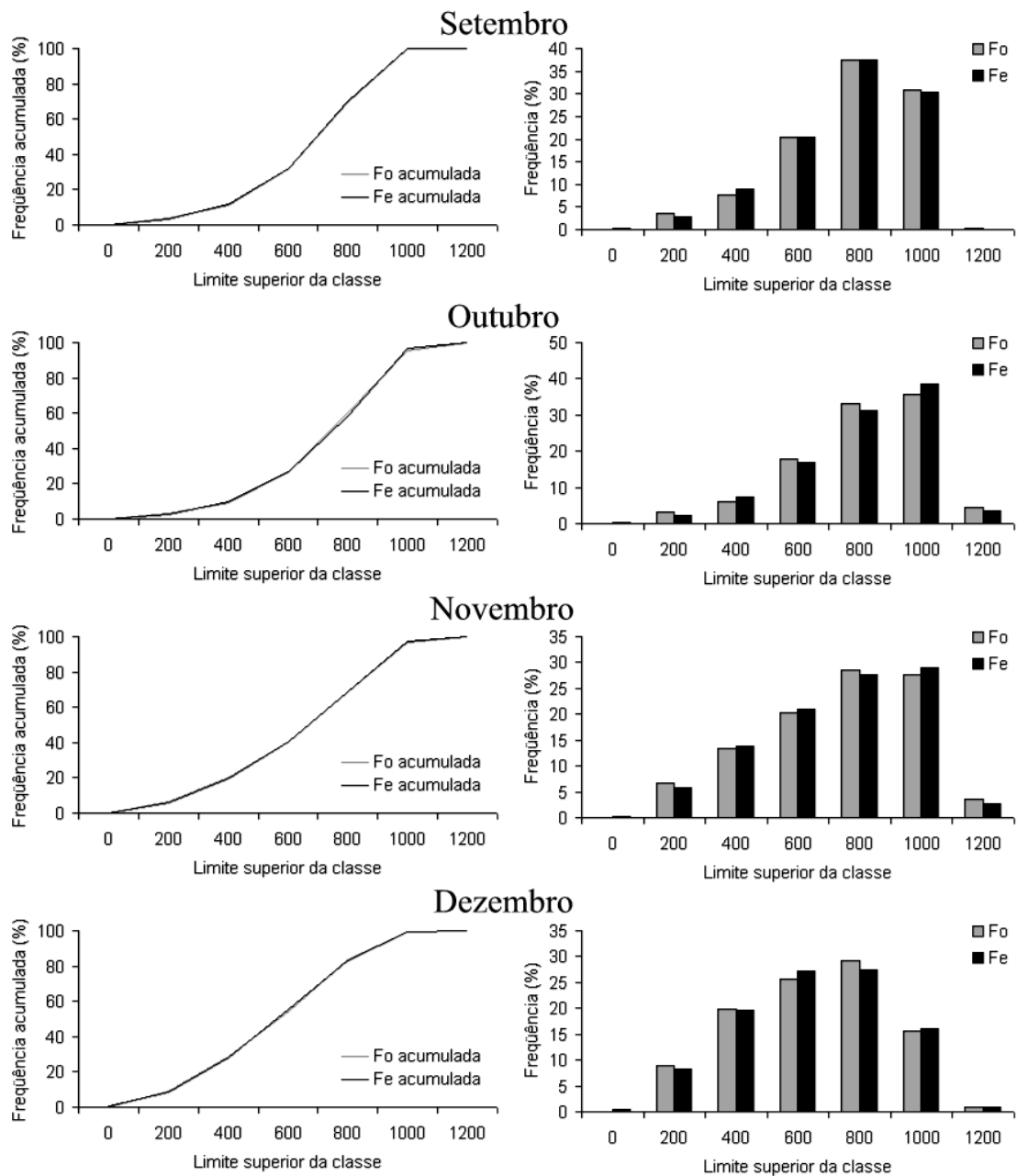


Figura 3A: Distribuição de frequência da irradiância solar global de setembro a dezembro no sítio experimental de floresta em Ji-Paraná – RO.

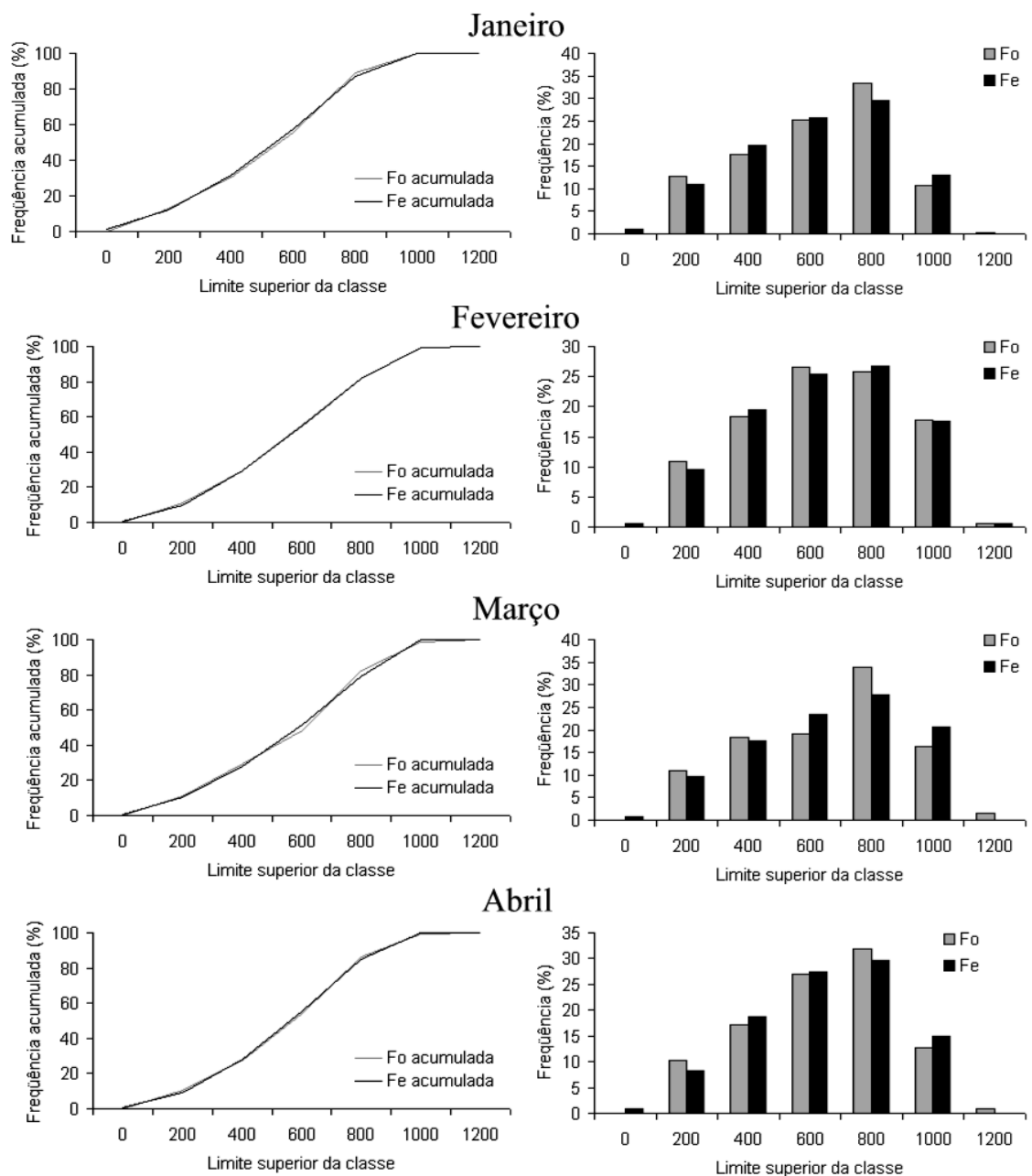


Figura 4A: Distribuição de frequência da irradiância solar global de janeiro a abril no sítio experimental de pastagem em Ji-Paraná – RO.

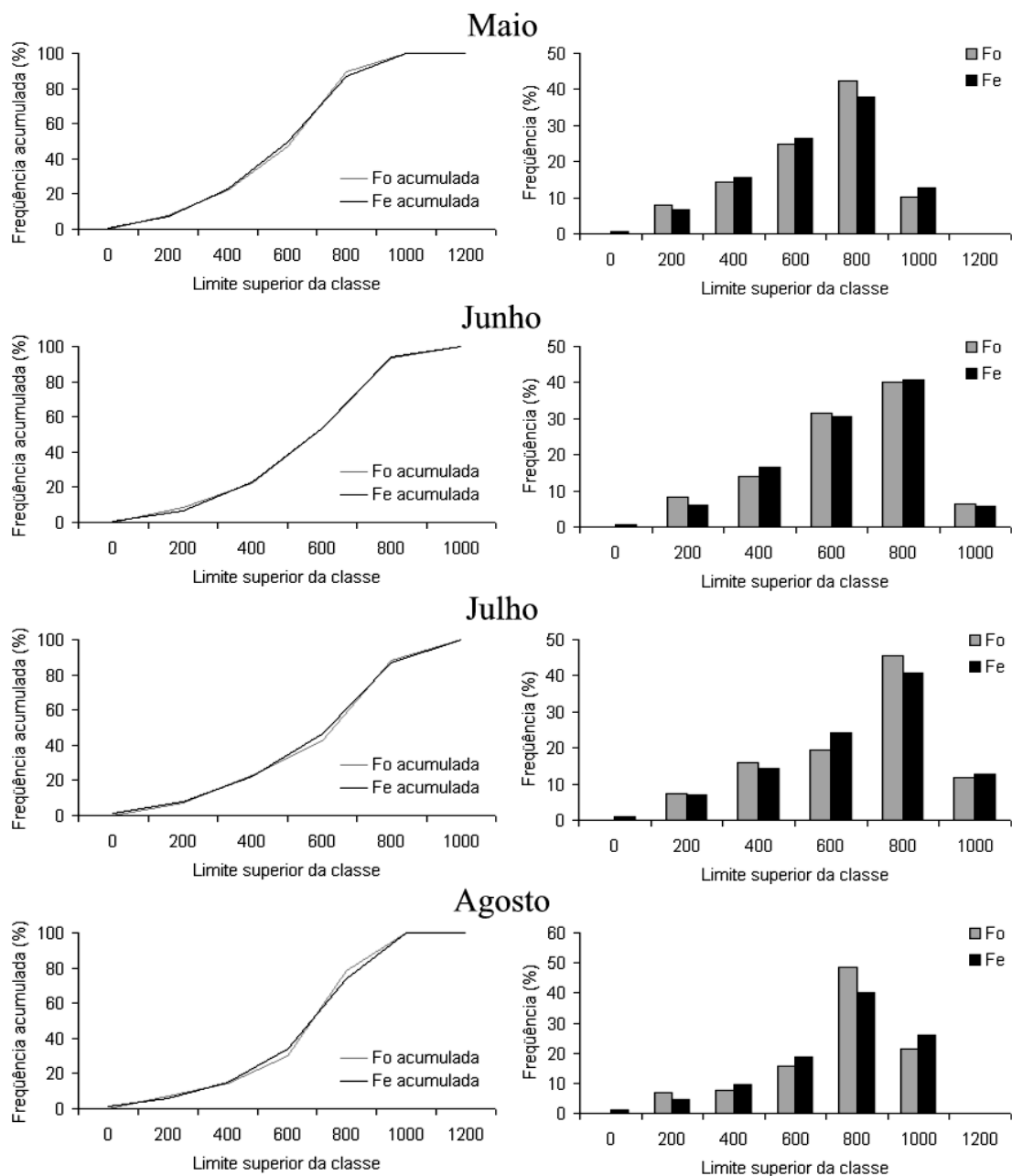


Figura 5A: Distribuição de freqüência da irradiância solar global de maio a agosto no sítio experimental de pastagem em Ji-Paraná – RO.

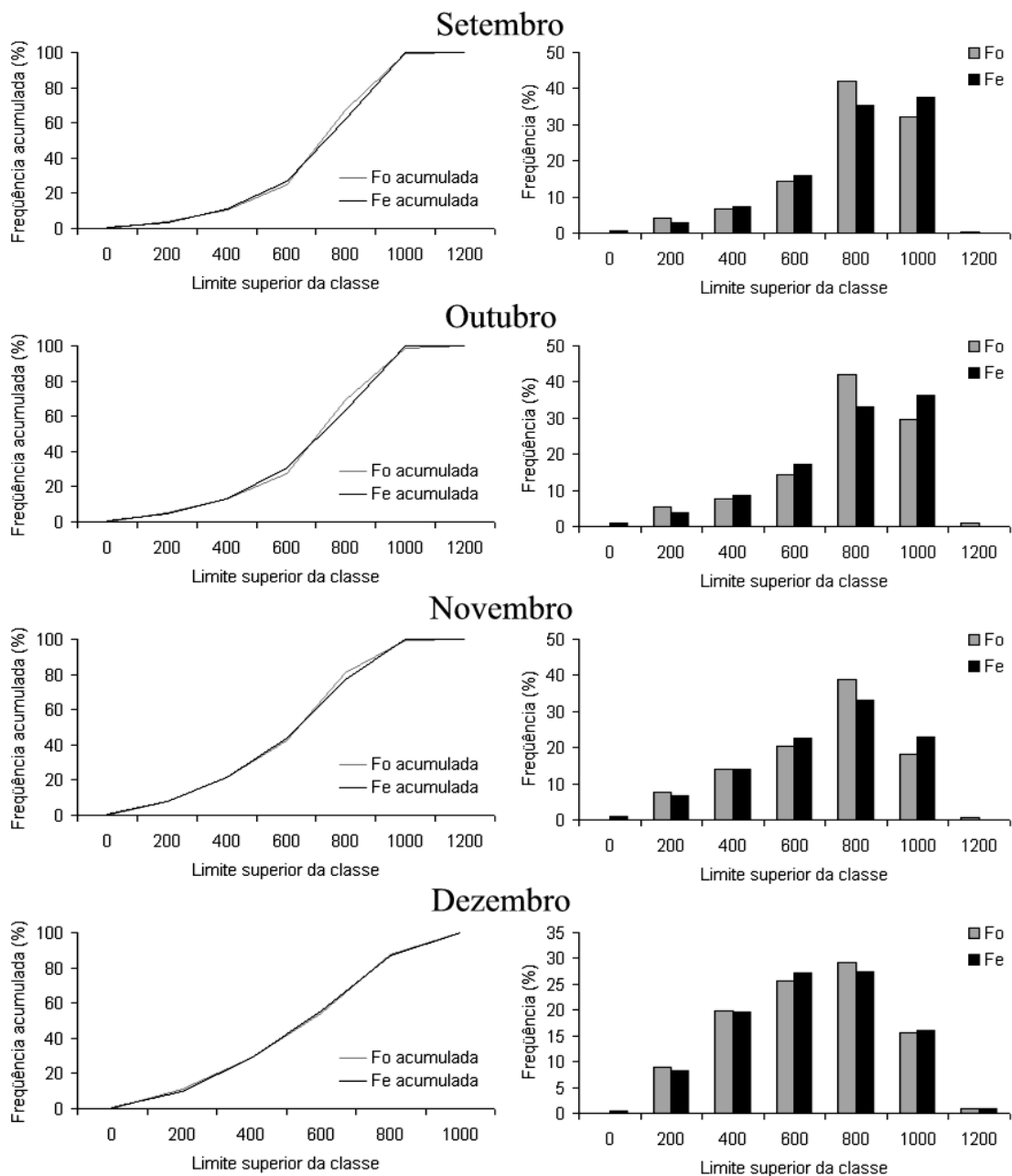


Figura 6A: Distribuição de frequência da irradiância solar global de setembro a dezembro no sítio experimental de pastagem em Ji-Paraná – RO.

APÊNDICE B

Histograma de Freqüência Observada Esperada e Normal da Série Total de Dados nos Sítios Experimentais de Floresta e Pastagem do Projeto ABRACOS

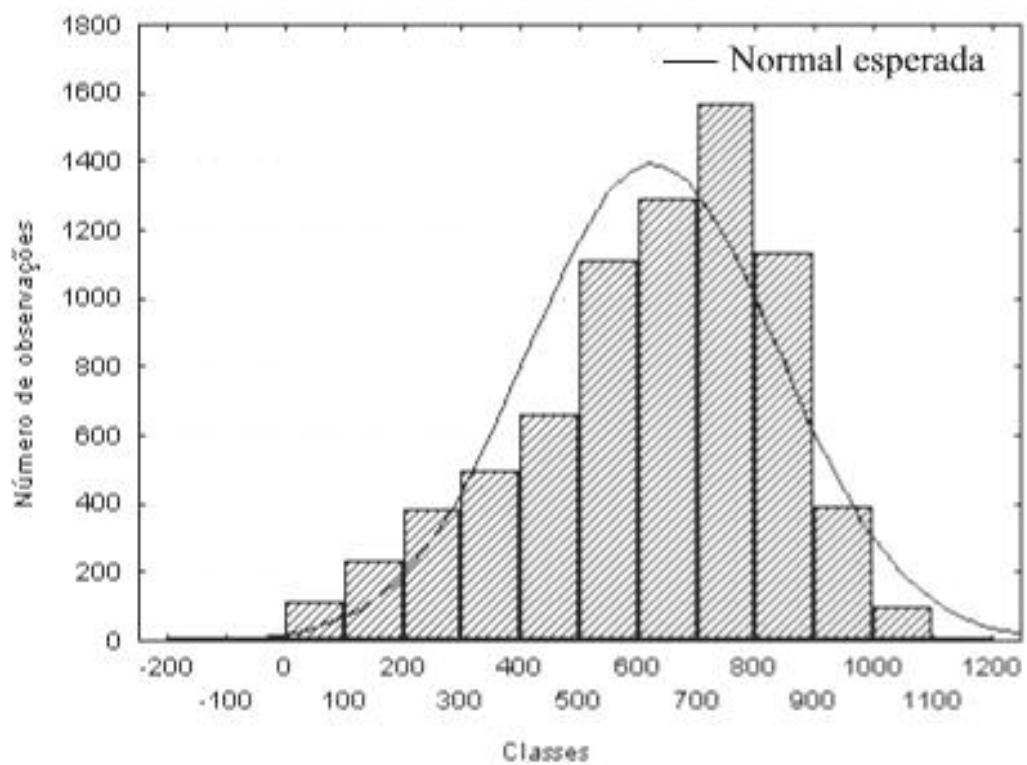


Figura 1B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível da irradiância solar global no sítio experimental de floresta em Ji-Paraná – RO.

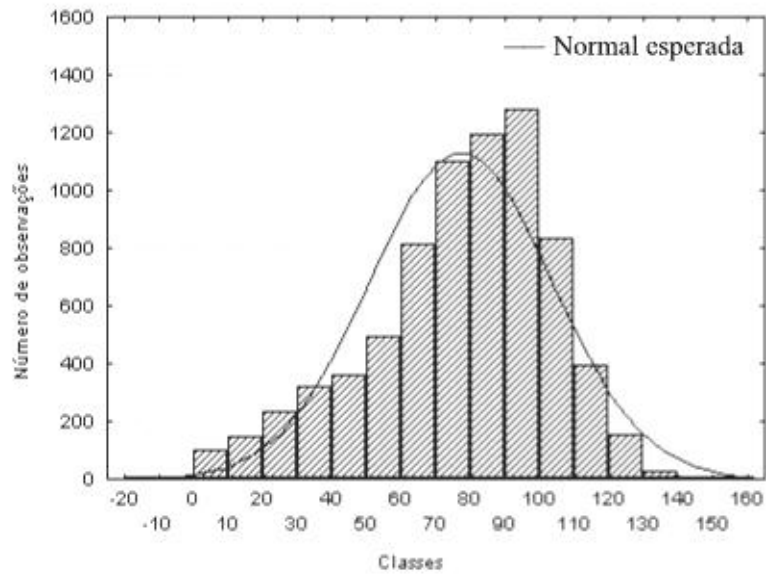


Figura 2B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível de radiação solar refletida no sítio experimental de floresta em Ji-Paraná – RO.

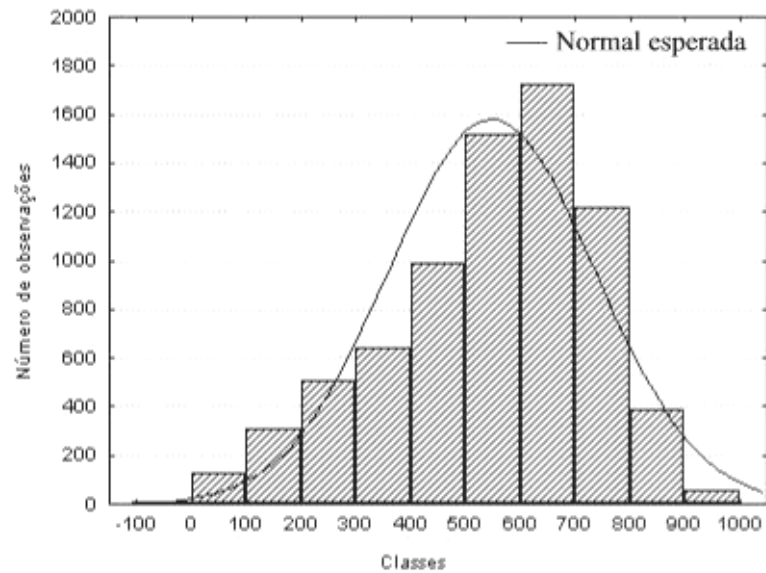


Figura 3B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas curtas no sítio experimental de floresta em Ji-Paraná – RO.

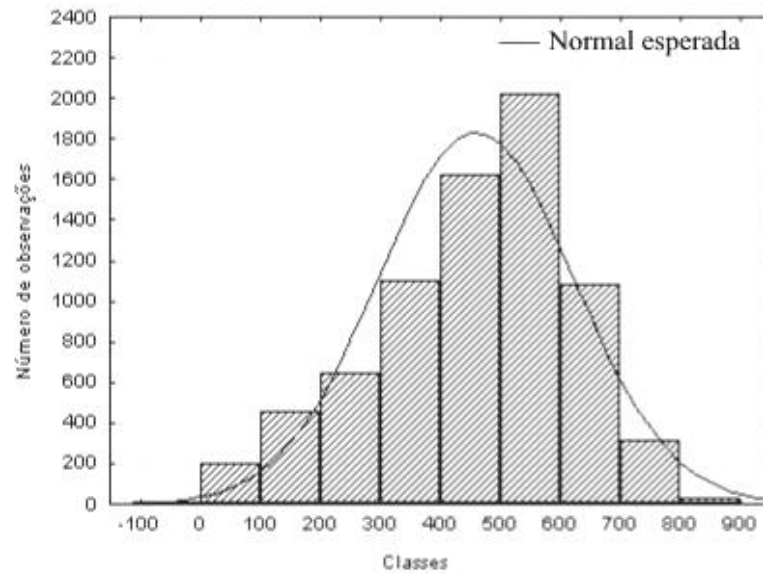


Figura 4B: Histograma de freqüência observada e curva normal esperada para a série total disponível do saldo de radiação no sítio experimental de floresta em Ji-Paraná – RO.

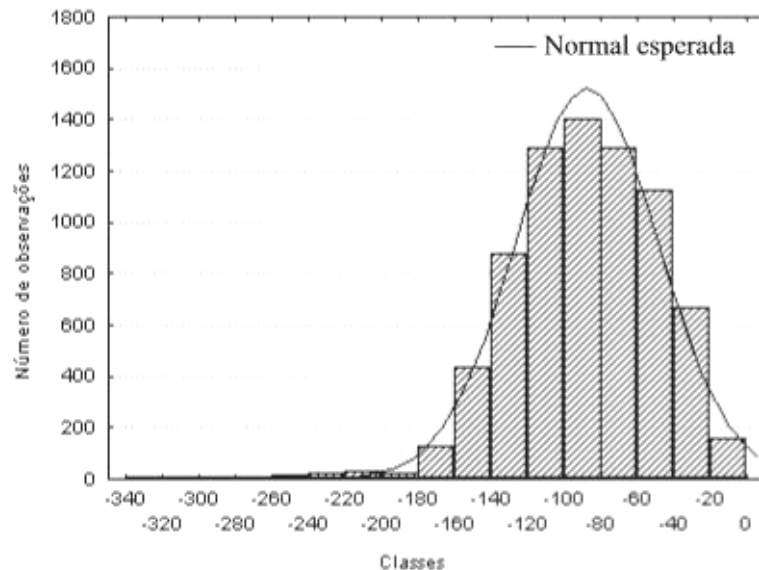


Figura 5B: Histograma de freqüência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas longas no sítio experimental de floresta em Ji-Paraná – RO.

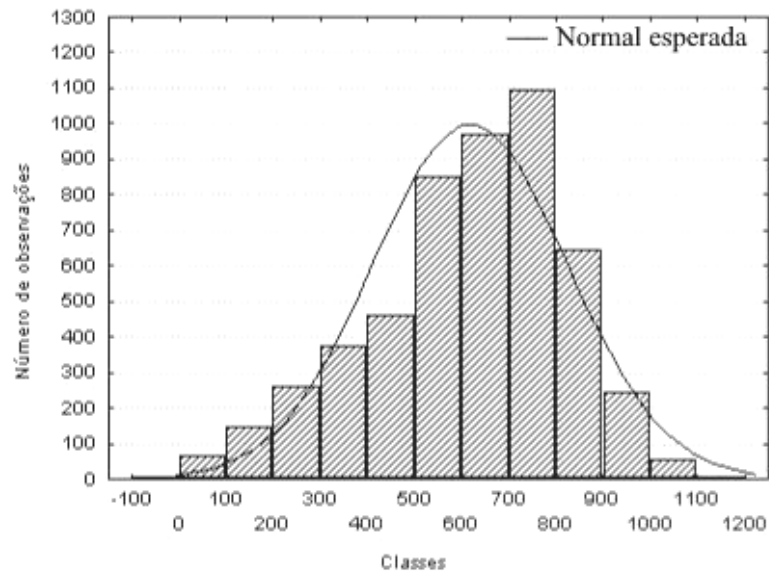


Figura 6B: Histograma de freqüência observada e curva normal esperada para a série total disponível da irradiância solar global no sítio experimental de pastagem em Ji-Paraná – RO.

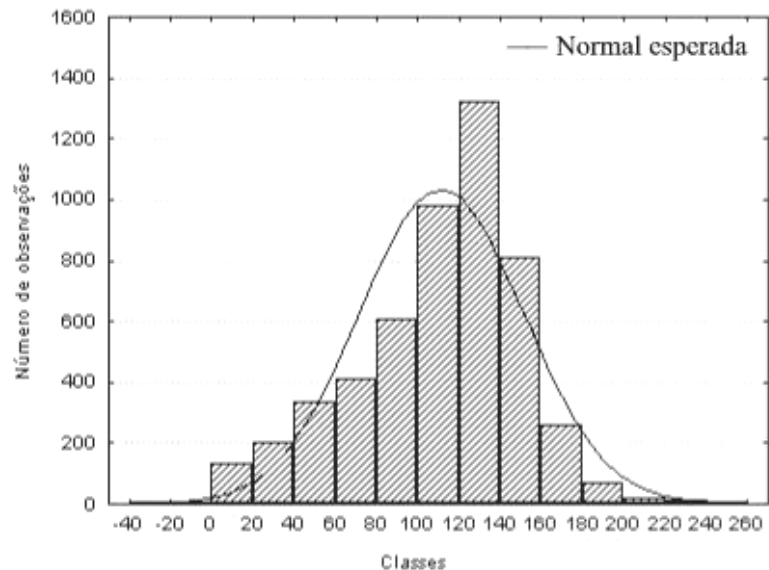


Figura 7B: Histograma de freqüência observada e curva normal esperada para a série total disponível de radiação solar refletida no sítio experimental de pastagem em Ji-Paraná – RO.

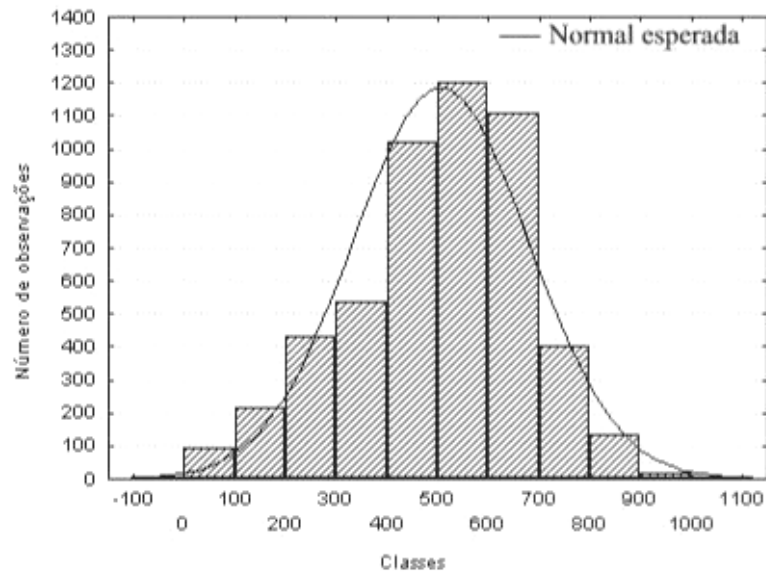


Figura 8B: Histograma de freqüência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas curtas no sítio experimental de pastagem em Ji-Paraná – RO.

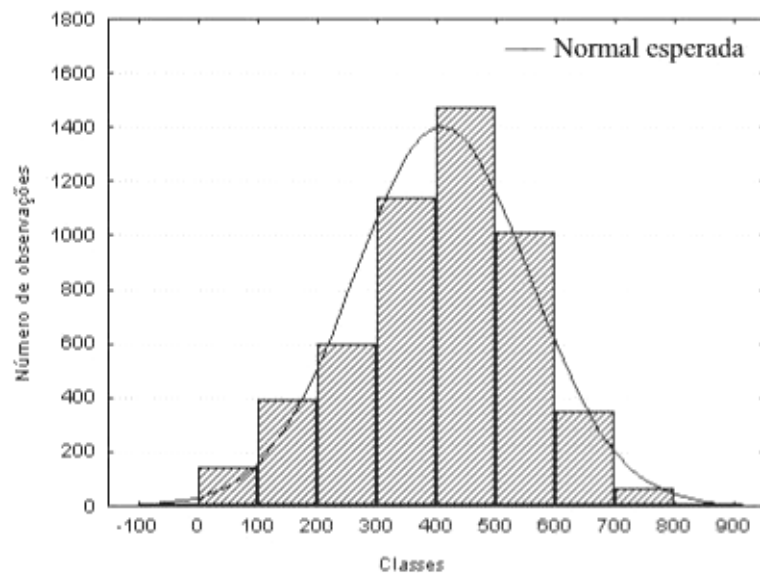


Figura 9B: Histograma de freqüência observada e curva normal esperada para a série total disponível do saldo de radiação no sítio experimental de pastagem em Ji-Paraná – RO.

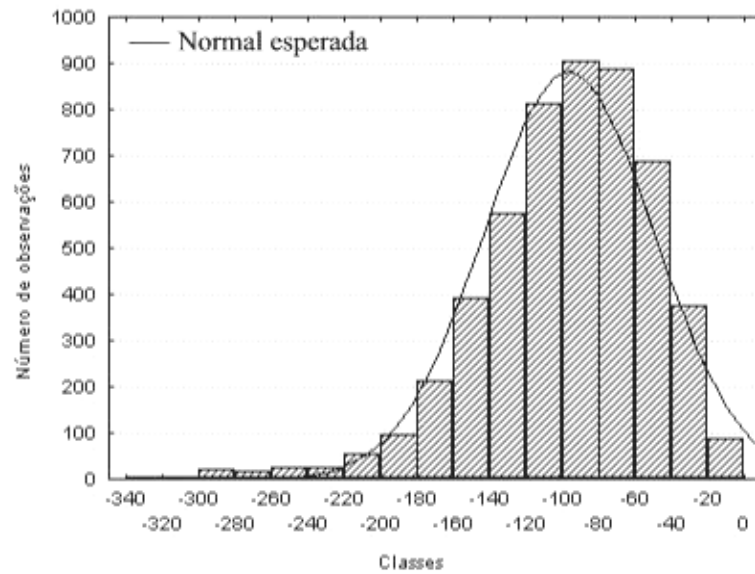


Figura 10B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas longas no sítio experimental de pastagem em Ji-Paraná – RO.

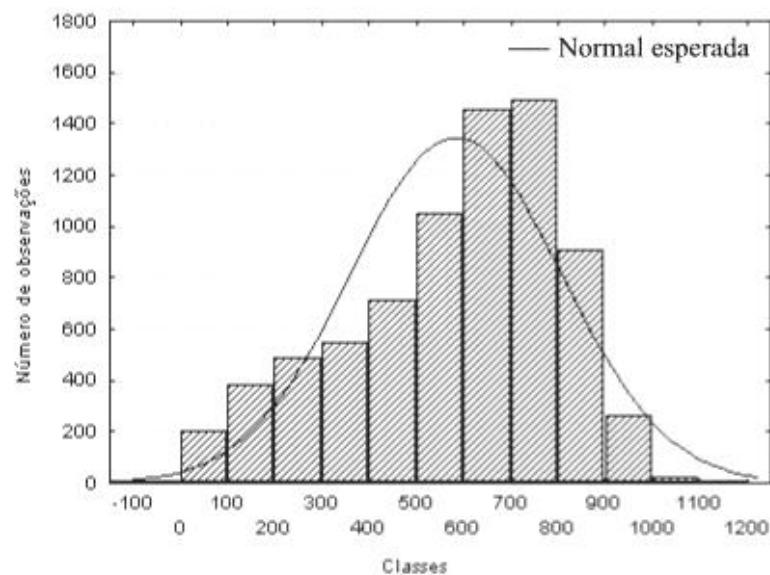


Figura 11B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível da irradiância solar global no sítio experimental de floresta em Manaus – AM.

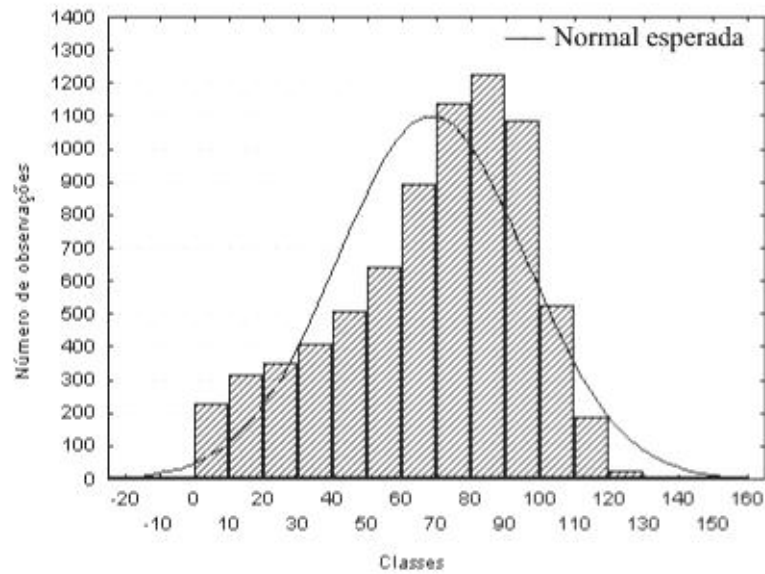


Figura 12B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível de radiação solar refletida no sítio experimental de floresta em Manaus – AM.

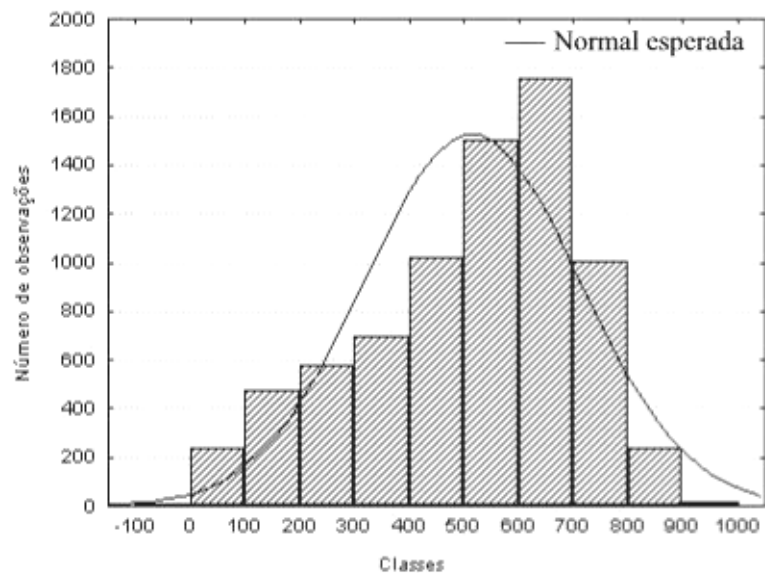


Figura 13B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas curtas no sítio experimental de floresta em Manaus – AM.

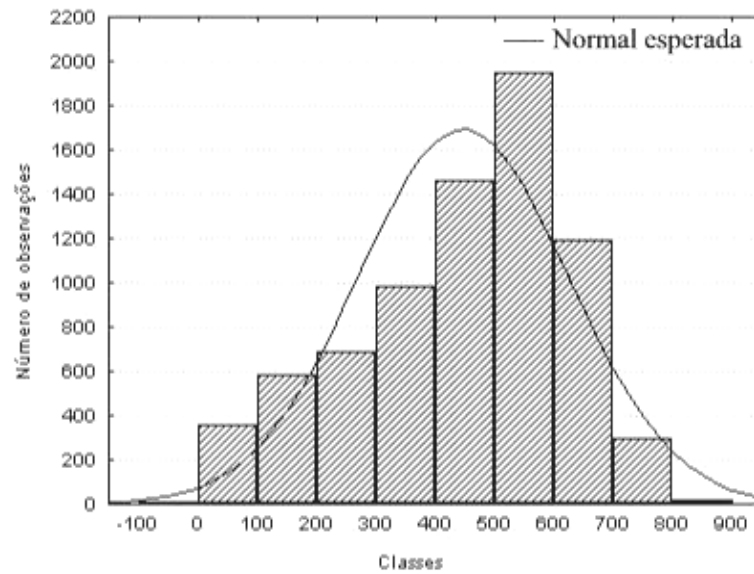


Figura 14B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do saldo de radiação no sítio experimental de floresta em Manaus – AM.

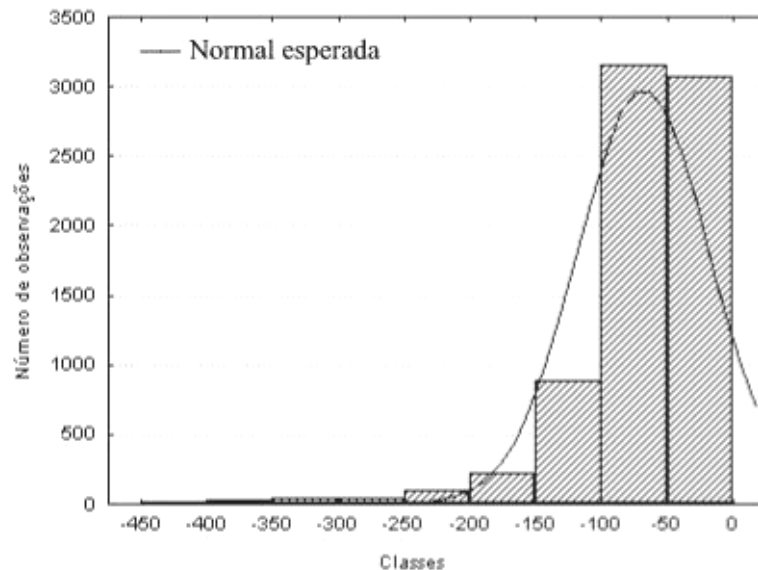


Figura 15: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas longas no sítio experimental de floresta em Manaus – AM.

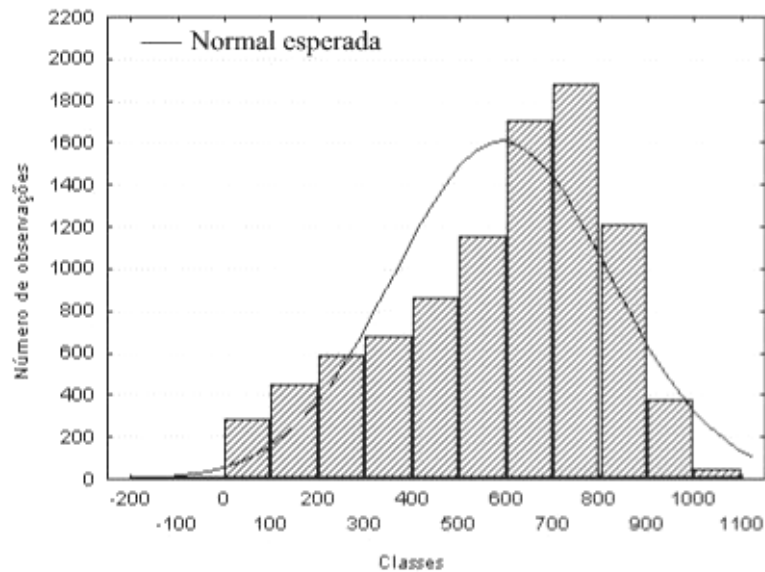


Figura 16B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível da irradiância solar global no sítio experimental de pastagem em Manaus – AM.

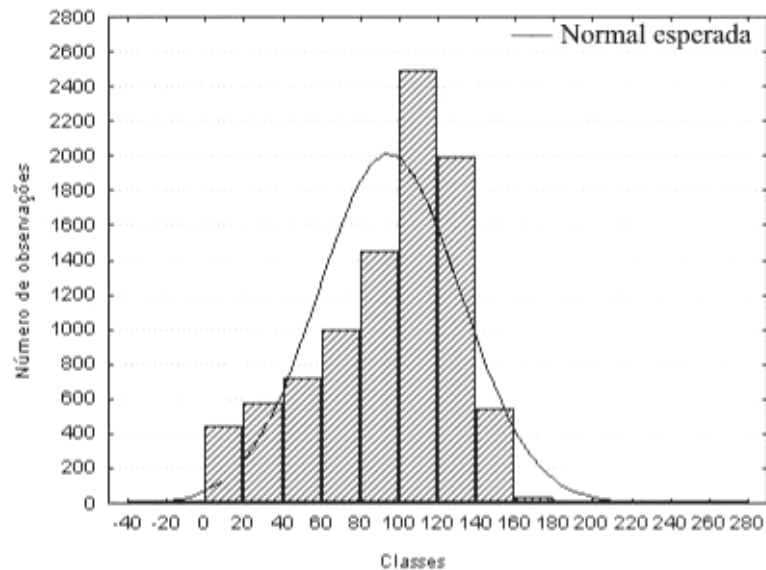


Figura 17B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível de radiação solar refletida no sítio experimental de pastagem em Manaus – AM.

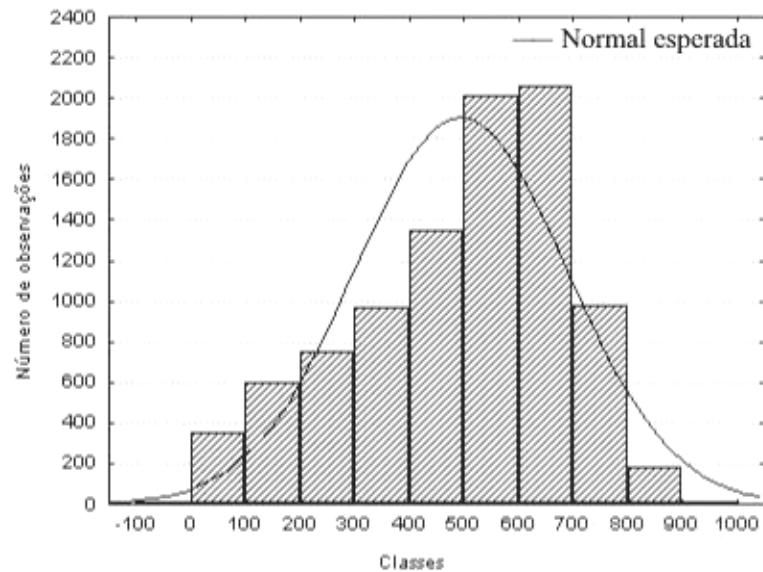


Figura 18B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas curtas no sítio experimental de pastagem em Manaus – AM.

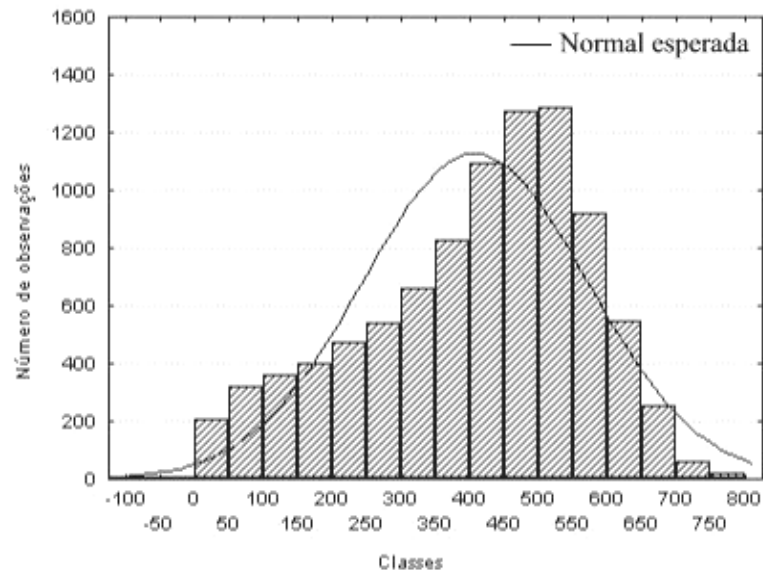


Figura 19B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do saldo de radiação no sítio experimental de pastagem em Manaus – AM.

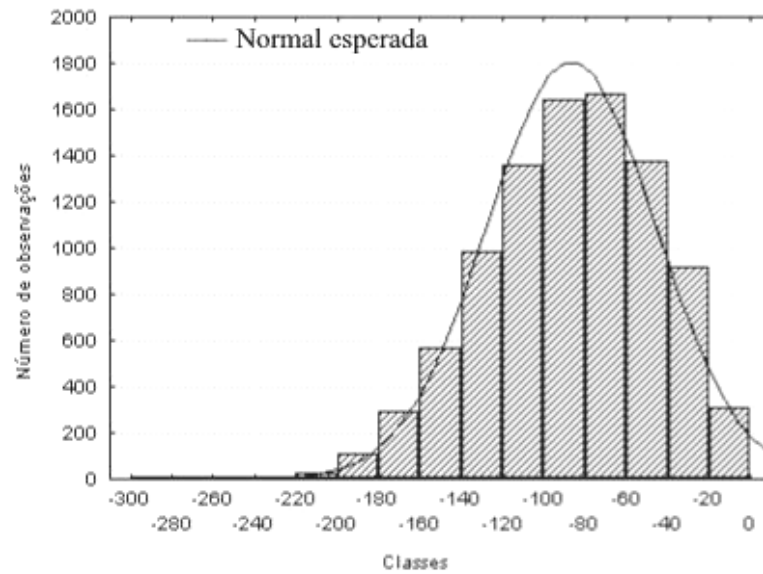


Figura 20B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas longas no sítio experimental de pastagem em Manaus – AM.

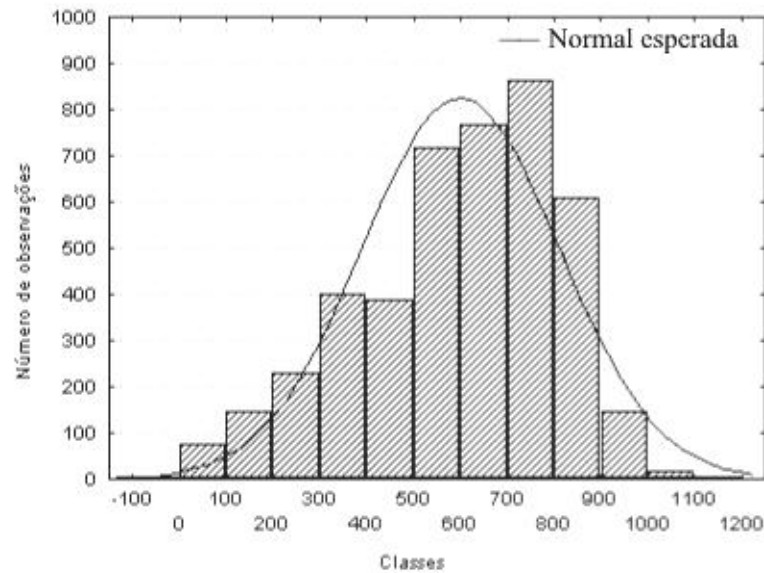


Figura 21B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível da irradiância solar global no sítio experimental de floresta em Marabá – PA.

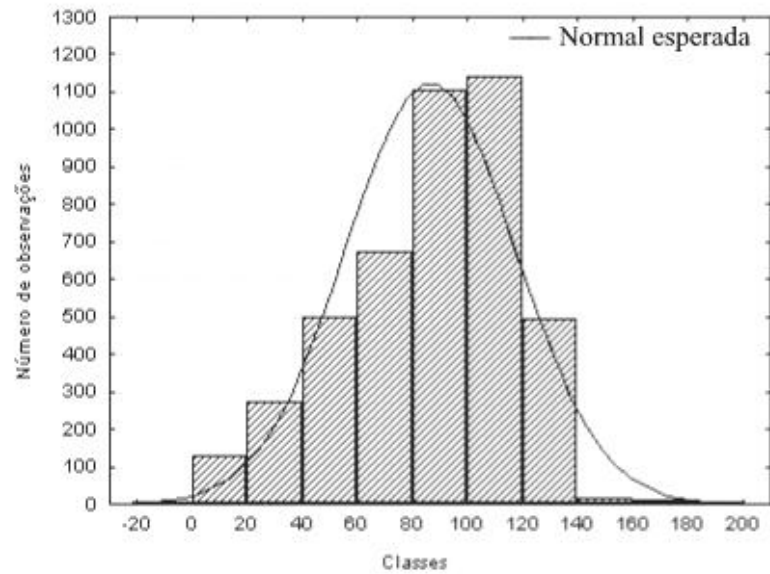


Figura 22B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível de radiação solar refletida no sítio experimental de floresta em Marabá – PA.

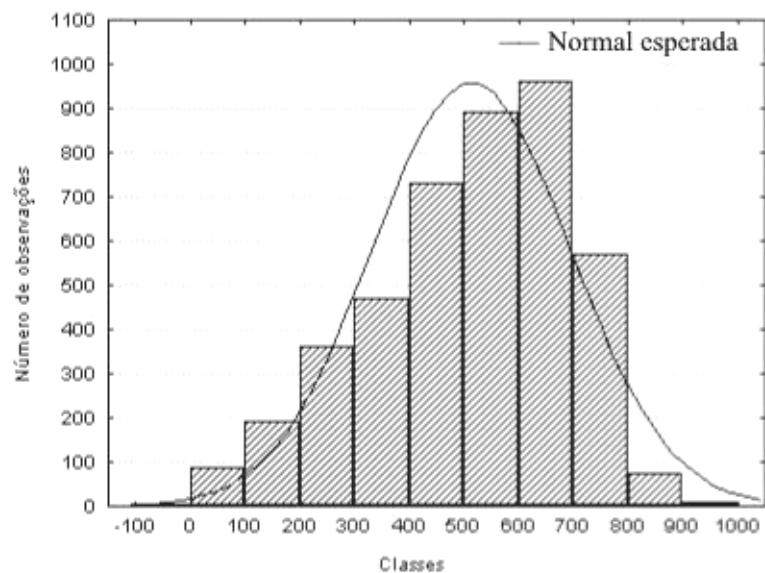


Figura 23B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas curtas no sítio experimental de floresta em Marabá – PA.

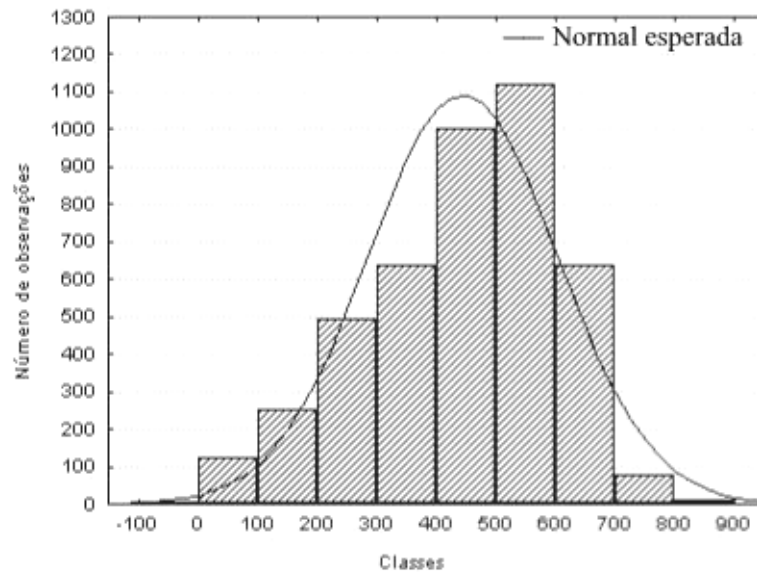


Figura 24B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do saldo de radiação no sítio experimental de floresta em Marabá – PA.

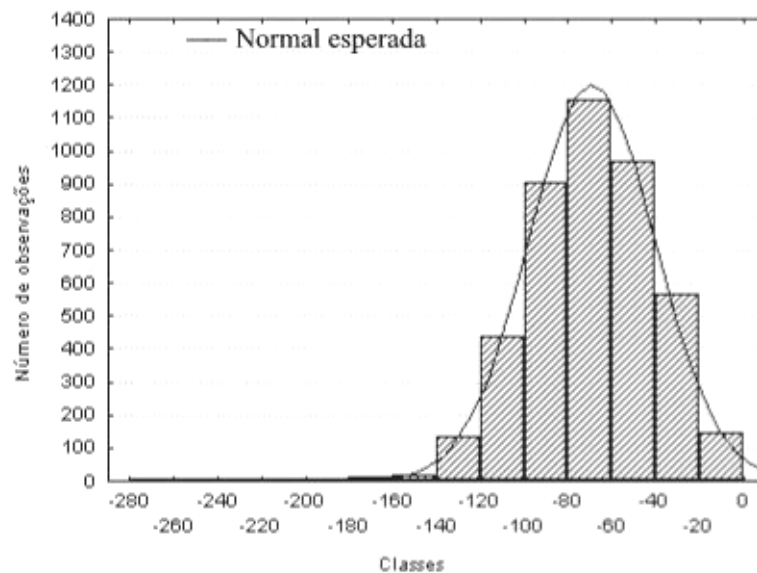


Figura 25B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas longas no sítio experimental de floresta em Marabá – PA.

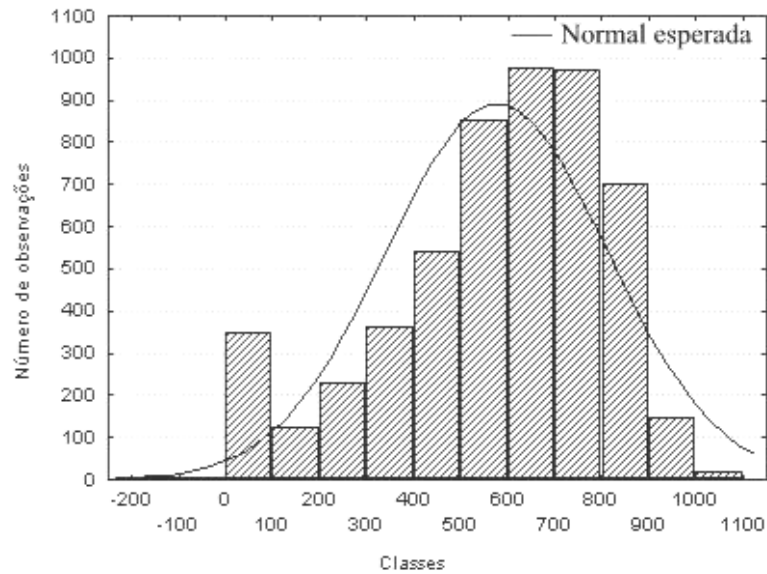


Figura 26B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível da irradiância solar global no sítio experimental de pastagem em Marabá – PA.

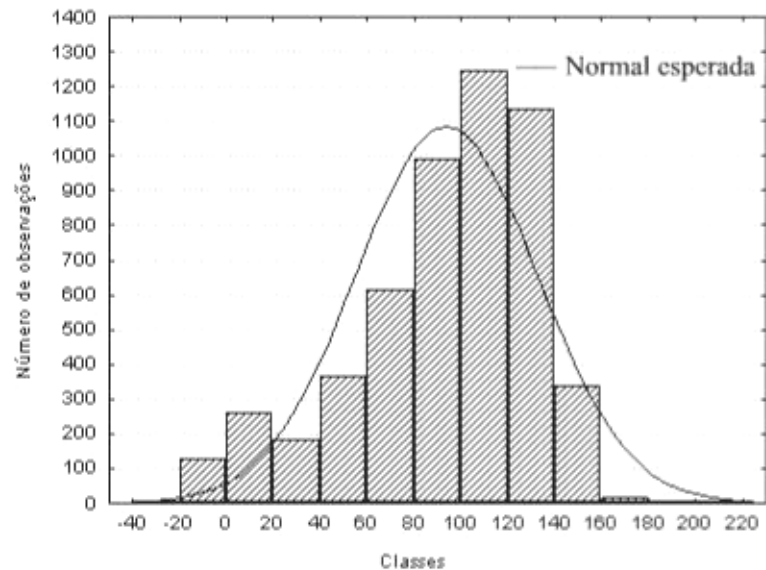


Figura 27B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível de radiação solar refletida no sítio experimental de pastagem em Marabá – PA.

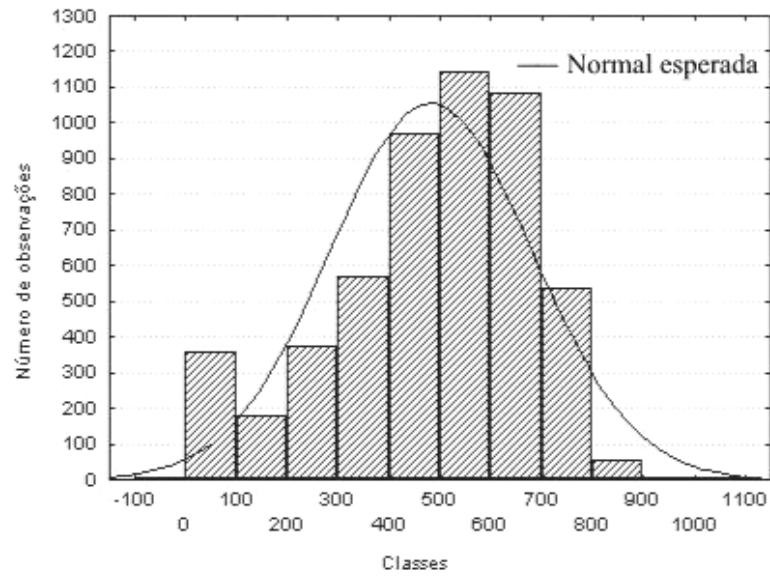


Figura 28B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas curtas no sítio experimental de pastagem em Marabá – PA.

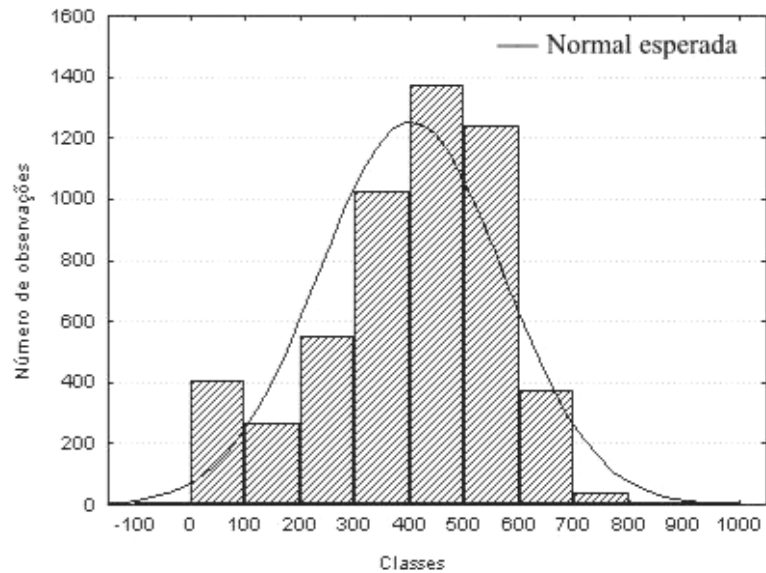


Figura 29B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do saldo de radiação no sítio experimental de pastagem em Marabá – PA.

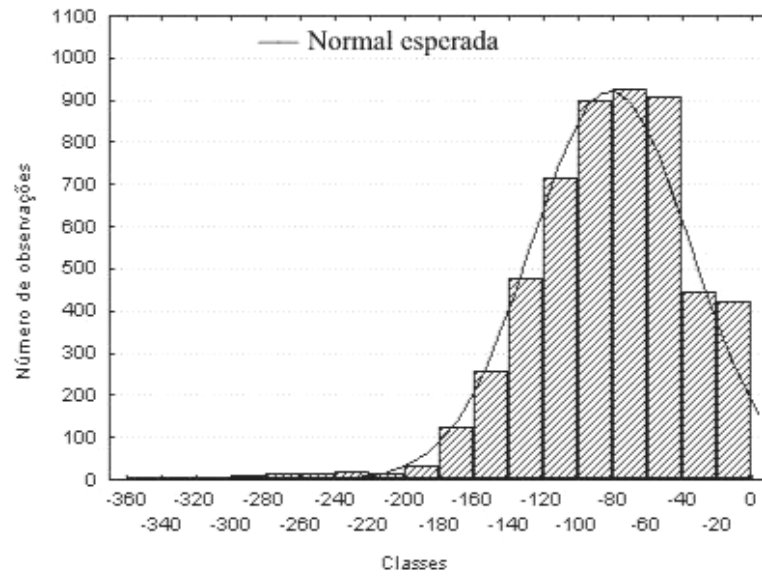


Figura 26B: Histograma de frequência observada e curva normal esperada para a série total disponível do balanço de radiação de ondas longas no sítio experimental de pastagem em Marabá – PA.