

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO  
AMBIENTE

**ESTUDO DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS  
EM UMA ÁREA DE REFLORESTAMENTO RECENTE  
NO NOROESTE DE MATO GROSSO**

**KELLI CRISTINA APARECIDA MUNHOZ MOREIRA**

**Orientador: Dr SÉRGIO ROBERTO DE PAULO**

Cuiabá - MT, Julho de 2004

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FÍSICA E MEIO  
AMBIENTE

**ESTUDO DAS VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS  
EM UMA ÁREA DE REFLORESTAMENTO RECENTE  
NO NOROESTE DE MATO GROSSO**

**KELLI CRISTINA APARECIDA MUNHOZ MOREIRA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Física e Meio Ambiente da Universidade Federal de Mato Grosso, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Física e Meio Ambiente.

**Orientador: Dr SÉRGIO ROBERTO DE PAULO**

Cuiabá - MT, Julho de 2004

Moreira, Kelli Cristina Aparecida Munhoz

**Estudo das variáveis micrometeorológicas em uma área de reflorestamento recente no noroeste de Mato Grosso** / Kelli Cristina Aparecida Munhoz Moreira. -- Cuiabá, MT, 2004 / Instituto de Ciências Exatas e da Terra

viii, 72f. :il. ; 29 cm

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso, 2004

Orientador: Sérgio Roberto de Paulo

Bibliografia: p. 66-72

1. Evapotranspiração. 2. Fluxo de CO<sub>2</sub>. 3. Fluxo de Calor Latente 4. Fluxo de Calor Sensível 5. Vórtices Turbulentos

## **DEDICATÓRIA**

Ao meu esposo Vander pelo amor, sacrifício, pela compreensão das minhas ausências, pelo incentivo nos momentos difíceis e por acreditar em mim.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais Roberto e Estela,  
por me ensinarem a importância do  
estudo e pelo amor que me deram e à  
minha avó Edith pela compreensão  
da minha ausência.

## AGRADECIMENTOS

- Em primeiro lugar a Deus, que é o criador de todas as coisas, pela benção recebida e pela minha vida;
- Ao Professor Dr. Sérgio Roberto de Paulo, pelo voto de confiança depositado e pela orientação do mestrado;
- Ao Professor Dr. Nicolau Priante Filho, pela paciência em me ajudar na análise dos dados, por me fazer acreditar que sou capaz de escrever e pela pessoa maravilhosa que é;
- Ao Professor Dr. Paraná (José de Souza Nogueira), pelo trabalho desenvolvido na coordenação deste mestrado, pelo apoio nos momentos de desânimo e pelas broncas;
- Ao Mestre Mauro Massao Shiota Hayashi (*in memoriam*), pelo grande mestre que foi, principalmente pela paciência que tinha em transmitir os seus ensinamentos;
- À Professora Dra. Marta Cristina de Jesus Albuquerque Nogueira, pelos seus conhecimentos transmitidos na parte de escrita deste trabalho e pela pessoa que é;
- Aos meus familiares por acreditarem em mim, principalmente meus irmãos Pablo, Rocco e Elizeu que compreenderam a minha ausência;
- À Maria Giovana por aguardar tanto tempo pela sua madrinha;
- Ao Professor Dr. José Campelo de Holanda Júnior, pelos conhecimentos transmitidos.
- À Soilce pelos serviços na secretaria deste mestrado, por ser sempre prestativa e amiga;
- À Carla pela ajuda na escrita, pelas correções e pela vencedora que é;
- Ao Edson por dividir sua esposa para os trabalhos do mestrado e por me acolher em sua família;
- À Natália e a Giovana por dividirem seu espaço comigo;
- Ao LBA pelo auxílio financeiro;
- À Dr Luciana Sanches pela colaboração nos trabalhos desenvolvidos e pelos trabalhos desenvolvidos perante este projeto;

- Aos colegas: José Carlos de Arruda, George Sanches Suli e Anderson Ortiz pelo companheirismo no decorrer do curso.
- À ONF Brasil que cedeu os dados para este trabalho;
- Aos meus alunos do primeiro e segundo semestre do ano de 2004/01 de Ciências Biológicas, da UNEMAT – Campus de Alta Floresta, por compreenderem minhas faltas;
- Ao Departamento de Ciências Biológicas, da UNEMAT – Campus de Alta Floresta, pela compreensão com os meus horários de aula;
- Ao colega Hulk (Jorge Luiz Brito de Faria) pela ajuda na correção ortográfica e pela contribuição dada a este trabalho;
- Ao Dr. George Louis Vourlitis pelos trabalhos desenvolvidos junto a este mestrado e para o sucesso deste;
- À Marcela Passos pela colaboração no abstract deste trabalho;
- E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

# SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS .....	i
LISTA DE FIGURAS .....	ii
LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS .....	v
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	viii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	4
2.1 Ciclo do Carbono .....	4
2.2 Fotossíntese .....	5
2.3 Respiração .....	5
2.4 Efeito Estufa .....	6
2.5 Mudanças Climáticas .....	7
2.6 Floresta .....	9
2.6.1 Floresta Ombrófila Aberta .....	10
2.6.2 Savana (Cerrado) .....	10
2.6.3 Área de Tensão Ecológica .....	11
2.7 Desmatamento .....	11
2.8 Reflorestamento .....	12
2.9 Evapotranspiração .....	13
2.10 Balanço de Energia .....	13
2.11 Razão de Bowen .....	14
2.12 Método da Correlação dos Vórtices Turbulentos .....	15
2.13 Média Móvel .....	16
2.14 Variáveis Micrometeorológicas .....	16
3 MATERIAIS E MÉTODOS .....	19
3.1 Caracterização das Condições do Experimento .....	19
3.1.1 Local .....	19
3.1.2 Solo .....	20
3.1.3 Clima .....	20

3.1.4 Espécies Plantadas .....	20
3.1.5 Localização da torre .....	21
3.1.7 Dados dos plantios por ano .....	23
3.2 Instrumentos Micrometeorológicos .....	24
3.2.1 Armazenagem dos dados .....	24
3.2.2 Equipamentos Meteorológicos.....	25
3.2.3 Equipamentos dos fluxos .....	26
3.2.4 Equipamentos de coleta no solo.....	27
3.3 Métodos de Análise.....	27
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	29
4.1 Reflorestamento – Altura e Sobrevivência dos Plantios.....	29
4.2 Dados Micrometeorológicos .....	31
4.2.1 Fluxo de CO <sub>2</sub> .....	31
4.2.2 Fluxo de Calor Sensível .....	33
4.2.3 Fluxo de Calor Latente.....	35
4.2.4 Radiação Líquida .....	37
4.2.5 H/Le .....	39
4.2.6 Fluxo de Calor no Solo .....	42
4.2.7 Balanço de Energia .....	43
4.2.8 Temperatura .....	44
4.2.9 Umidade Relativa.....	45
4.2.10 Talhões – Fluxo de CO <sub>2</sub> .....	47
4.2.11 Talhões – Fluxo de Calor Sensível.....	54
4.2.12 Talhões – Fluxo de Calor Latente .....	58
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	66

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores das Variáveis Micrometeorológicas Obtidas em Outras Pesquisas.....	17
Tabela 2: Dados dos plantios .....	23
Tabela 3: Espécies plantadas em cada talhão .....	24
Tabela 4: Resultado dos inventários 2002 e 2003.....	29
Tabela 4: Fluxo de CO <sub>2</sub> nos talhões, divididos por estações .....	49

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ciclo do carbono .....	4
Figura 2: Localização da região noroeste do Estado de Mato Grosso .....	19
Figura 3: Mapa do local onde está a torre .....	21
Figura 4: Área de influência da torre e divisão dos talhões.....	22
Figura 5: Palmtop PC Hewlett Packard 200 LX.....	25
Figura 6: Datalogger Campbell CR 10x .....	25
Figura 7: Pluviômetro e psicrômetro .....	26
Figura 8: Anemômetro sônico e analisador de gases.....	26
Figura 9: Foto do Talhão 10 C .....	30
Figura 10: Foto do Talhão 10 A .....	30
Figura 11: Média Diária para o Fluxo de CO <sub>2</sub> , para os anos de 2002 e 2003.....	32
Figura 12: Gráfico do Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , dividido por estações para o ano de 2002 .....	33
Figura 13: Gráfico do Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , dividido por estações para o ano de 2003 .....	33
Figura 14: Gráfico da Média Diária do Fluxo de Calor Sensível .....	35
Figura 16: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003.....	35
Figura 17: Gráfico da Média Diária do Fluxo de Calor Latente .....	37
Figura 18: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002.....	37
Figura 19: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003.....	37
Figura 20: Gráfico da Média Diária da Radiação Líquida .....	39
Figura 21: Dia Médio para a Radiação Líquida, por estações, para o ano de 2002 .....	39
Figura 22: Dia Médio para a Radiação Líquida, por estações, para o ano de 2003 .....	39
Figura 23: Gráfico da Média Diária de <i>H/Le</i> .....	41
Figura 24: Gráfico de <i>H/Le</i> estação seca .....	41
Figura 25: Gráfico de <i>H/Le</i> estação de transição chuvosa/seca.....	41
Figura 26: <i>H/Le</i> para o ano de 2002, comparando a floresta com o reflorestamento, transição seca/chuvosa .....	41
Figura 27: <i>H/Le</i> para o ano de 2002, comparando a floresta com o reflorestamento, estação chuvosa ..	41
Figura 33: Gráfico da Média Diária da temperatura .....	45
Figura 34: Gráfico da Média Diária da Umidade Relativa .....	46

Figura 35: Dia Médio para a Umidade Relativa, por estações, para o ano de 2002.....	46
Figura 36: Dia Médio para a Umidade Relativa, por estações, para o ano de 2003.....	46
Figura 37: Área de atuação dos fluxos, através da direção do vento.....	48
Figura 38: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2002 (talhão 11C).....	51
Figura 39: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2003 (talhão 11C).....	51
Figura 40: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2002 (talhão 11A).....	51
Figura 41: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2003 (talhão 11A).....	51
Figura 42: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2002 (talhões 11B, 14A, 14B).....	52
Figura 43: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2003 (talhões 11B, 14A, 14B).....	52
Figura 44: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2002 (talhão 13).....	52
Figura 45: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2003 (talhão 13).....	52
Figura 46: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2002 (talhão 10C).....	53
Figura 47: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2003 (talhão 10C).....	53
Figura 48: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2002 (talhão 10A).....	53
Figura 49: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2003 (talhão 10A).....	53
Figura 50: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2002 (talhões 10B, 10D, 10E).....	54
Figura 51: Dia Médio do Fluxo de CO <sub>2</sub> , por estações, para o ano de 2003 (talhões 10B, 10D, 10E).....	54
Figura 52: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 11C).....	55
Figura 53: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 11C).....	55
Figura 54: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 11A).....	56
Figura 55: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 11A).....	56
Figura 56: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhões 11B, 14A, 14B).....	56
Figura 57: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhões 11B, 14A, 14B).....	56
Figura 58: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 13).....	57
Figura 59: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 13).....	57
Figura 60: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 10C).....	57
Figura 61: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 10C).....	57
Figura 62: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 10A).....	58
Figura 63: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 10A).....	58
Figura 64: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhões 10B, 10D, 10E).....	58

Figura 65: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhões 10B, 10D, 10E) .....	58
Figura 66: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 11C) .....	60
Figura 67: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 11C) .....	60
Figura 68: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 11A) .....	60
Figura 69: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 11A) .....	60
Figura 70: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhões 11B, 14A, 14B) .....	61
Figura 71: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhões 11B, 14A, 14B) .....	61
Figura 72: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 13) .....	61
Figura 73: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 13) .....	61
Figura 74: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 10C) .....	62
Figura 75: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 10C) .....	62
Figura 76: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 10A) .....	62
Figura 77: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 10A) .....	62
Figura 78: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhões 10B, 10D, 10E) .....	63
Figura 79: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhões 10B, 10D, 10E) .....	63

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLAS

$\rho$  = densidade do ar

$\rho_v$  = umidade absoluta

$\rho_c$  = concentração de gás carbônico

ABRACOS = Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study

ARME = Amazon Region Micrometeorological Experiment

BNDES = Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

*BOC* = Balanço de Ondas Curtas

*BOL* = Balanço de Ondas Longas

CH<sub>4</sub> = metano

cm = centímetro

CO<sub>2</sub> = dióxido de carbono

$C_p$  = calor específico do ar à pressão constante

CVRD = Companhia Vale do Rio Doce

ET = evapotranspiração

$FCO_2$  = fluxo de dióxido de carbono

$G$  = fluxo de calor no solo

g = grama

$H$  = fluxo de calor sensível

H<sub>2</sub>O = água

ha = hectare

IPN = Instituto Pró Natura

km<sup>2</sup> = quilômetro ao quadrado

kPa = quilo Pascal

$L$  = calor latente de vaporização.

LBA = Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia

$Le$  = fluxo de calor latente

m = metro

MCT = Ministério da Ciência e Tecnologia

MDL = Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

$N_2$  = nitrogênio

$N_2O$  = óxido nitroso

$O_2$  = oxigênio

$OCi$  = ondas curtas incidentes

$OCr$  = ondas curtas refletidas

$OLea$  = radiação emitida pela atmosfera

$OLes$  = radiação emitida pela superfície

ONF = Office National des Forêts

ONG = Organização não Governamental

$P_g$  = petagrama

$r$  = albedo

$R_n$  = radiação líquida

$T$  = temperatura de ar

UR = umidade Relativa

$w$  = velocidade vertical do vento

$\beta$  = razão de Bowen

## RESUMO

MOREIRA, K. C. A. M. *Estudo das variáveis micrometeorológicas em uma área de reflorestamento recente no noroeste de Mato Grosso*. Cuiabá, 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

O comportamento das variáveis micrometeorológicas em área de reflorestamento vem despertando o interesse de pesquisadores para saber de que forma tais variáveis se comportam conforme a vegetação cresce. O objetivo desta pesquisa foi estudar os fluxos de calor sensível, calor latente e CO<sub>2</sub>, a radiação líquida, a umidade relativa e a temperatura, em uma área de reflorestamento recente, conforme a vegetação foi crescendo, comparar os valores obtidos com uma área de floresta nativa e observar como os fluxos (CO<sub>2</sub>, calor sensível e calor latente) se comportam em função de diferentes composições de espécies plantadas que foram divididas em talhões, através da direção do vento. O experimento foi realizado na Fazenda São Nicolau, localizada no município de Cotriguaçu, utilizando uma torre de fluxos em uma área de reflorestamento recente, os fluxos foram calculados pelo método dos vórtices turbulentos. A pesquisa foi realizada ao longo de dois anos consecutivos (março de 2002 a setembro de 2003). Para os cálculos foram feitas médias de 30 em 30 minutos e foi calculado um dia médio, para cada estação do ano de 2002 e 2003 para todas as variáveis estudadas. Os resultados indicaram que, por enquanto, apenas na estação seca houve diferença significativa entre as variáveis estudadas, para as outras estações os dados não diferiram entre si. Ao comparar os dados de fluxo de CO<sub>2</sub> com uma floresta nativa, ambos tiveram o mesmo comportamento na estação chuvosa, que foi a estação que ocorreram os maiores picos e para o fluxo de calor latente e sensível, conforme a vegetação cresceu os valores foram se assemelhando ao de uma floresta tropical.

**Palavras-chave:** vórtices turbulentos, fluxo de CO<sub>2</sub>, fluxo de calor latente, fluxo de calor sensível, evapotranspiração

## ABSTRACT

MOREIRA, K. C. A. M. *Study of the micrometeorological variables in an area of recent reforestation in northwest of Mato Grosso*. Cuiabá, 2004. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Exatas e da Terra, Universidade Federal de Mato Grosso.

The behaviors of the micrometeorological variables in reforestation areas are awakening the interest of researchers to discover how the variables behave concordant grow of the vegetation. The objective of this research was study the fluxes of sensible heat, latent heat and CO<sub>2</sub>, net radiation, relative humidity and the temperature, in an area of recent reforestation, conformable the vegetation was growing, to compare the values gotten with an area of native forest and to observe how the fluxes (CO<sub>2</sub>, sensible heat and latent heat) behave in function of different compositions of planted species that was divided in large earthen jug, transversally the wind direction. The experiment was realized in Fazenda São Nicolau, located in Cotriguaçu city, using a tower of fluxes in an area of recent reforestation, the fluxes was calculated by the method of eddy covariance. The research was realized alongside of two consecutive years (March of 2002 to September of 2003). To calculation estimate average was made in 30 into 30 minutes and was calculated one day average, for each station of the year of 2002 and 2003 to all the studied variables. The results indicated that, for the time being, only on dry season there was a significative difference between the studied variables, to other seasons the data didn't delay between each other. Comparing the data of the fluxes of CO<sub>2</sub> with a native forest, both had had the same behavior in wet season, that was where occurred the biggest peaks the fluxes of latent and sensible heat, conformable the vegetation grow the values was approximating to a tropical forest.

**Keywords:** eddy covariance, CO<sub>2</sub> flux, latent heat flux, sensible heat flux, evapotranspiration.

# 1 INTRODUÇÃO

O desmatamento tropical para pasto de gado e para a expansão dos empreendimentos de agricultura continua a uma taxa sem precedentes na Amazônia brasileira, enquanto os efeitos de conversão de terra local e regional e as trocas de massa (CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O) e energia permanecem obscuras (SKOLE e TUCKER, 1993; LAURANCE *et al.*, 1997; NEPSTAD *et al.*, 1999; FEARNSTIDE, 2000). A conversão da floresta aconteceu historicamente dentro do denominado “arco do desmatamento”, que inclui os estados de Mato Grosso, Rondônia, Acre, Amazonas, Amapá, Pará, Roraima, e Tocantins localizados ao longo das bordas sulistas e orientais da Bacia amazônica (SKOLE E TUCKER 1993; MORAN *et al.* 1994; NEPSTAD *et al.* 1999; FEARNSTIDE 2000). (PRIANTE FILHO *et al.*, 2004)

O reflorestamento já ocorre no Brasil em diversas escalas e com diversas finalidades. Empresas de muitos setores, como a Peugeot, Texaco, CVRD e Petrobrás, organizações e até o meio acadêmico têm se interessado por essa atividade, visando reparos ambientais, atendimento na demanda de matéria-prima para indústrias dos mais variados setores, melhoria na qualidade de produção e até a participação em um futuro mercado mundial emergente de carbono (SCARPINELLA, 2002).

O Projeto Poço de Carbono é um projeto de reflorestamento com fins de seqüestro de carbono. O objetivo específico do projeto é monitorar a fixação do carbono no reflorestamento, para avaliar melhor a eficiência do conceito de Poço de Carbono Florestal. Um projeto dessa escala é pioneiro na área da luta contra o efeito estufa. Ele tem como prioridade à geração de informações.

O projeto é patrocinado pela montadora de carro Peugeot, executado pela ONF (Office National des Forêts), empresa estatal francesa especializada em manejo de recursos florestais, através de sua filial brasileira ONF Brasil Ltda, e consta com a parceria da ONG brasileira IPN (Instituto Pró Natura) que atua na região do projeto a 10 anos.

Desde 1999, o projeto está sendo implementado na Fazenda São Nicolau, localizada no município de Cotriguaçu, noroeste do estado de Mato Grosso. Esta

Fazenda foi comprada e está sendo gerenciada pela ONF Brasil Ltda, compondo-se aproximadamente de:

- 7000 hectares de floresta nativa parcialmente explorada pelo antigo proprietário;
- 2000 hectares de pastagem em fase de reflorestamento. Até o momento, em torno de 1.400 ha foram reflorestados a partir de espécies essencialmente nativas, com vários protocolos de implantação;
- 1000 hectares de áreas úmidas protegidas.

O Projeto tem quatro componentes principais:

**Execução do reflorestamento;**

**Monitoramento da fixação do carbono atmosférico** nas plantas, a partir de medições estáticas (pesagem de biomassa) e dinâmicas (estudo dos fluxos de carbono entre biosfera e atmosfera);

**Monitoramento da biodiversidade**, a partir de levantamentos faunísticos realizados nos diferentes ambientes da Fazenda: pasto virgem, pasto reflorestado, capoeira, mata ciliar e floresta;

**Integração no contexto sócio-econômico local**, através de varias atividades participativas: educação ambiental, plantação com pequenos proprietários, visitas à fazenda, recomposição de áreas degradadas nos municípios vizinhos.

Apesar dos vários trabalhos experimentais já realizados em toda a extensão da Amazônia, poucas informações encontram-se disponíveis sobre o comportamento das variáveis micrometeorológicas (fluxo de calor sensível, de calor latente, de CO<sub>2</sub>, temperatura e umidade relativa) em áreas de reflorestamento nesse ecossistema, bem como tais variáveis se comportam em função do crescimento da vegetação. As medições do comportamento do balanço de energia são essenciais para entendermos a influência desse ecossistema no clima local, regional e global, além de conhecer as respostas do reflorestamento às variações das condições ambientais.

O objetivo desta pesquisa foi:

- Analisar a variação temporal dos fluxos de calor sensível, calor latente e CO<sub>2</sub>, temperatura, fluxo de calor no solo e umidade relativa em função do crescimento da vegetação;

- Avaliar o comportamento dos fluxos de calor sensível, calor latente e CO<sub>2</sub> em função de diferentes composições de espécies plantadas em talhões, através da direção da velocidade do vento;
- Comparar os fluxos de calor sensível, calor latente e CO<sub>2</sub> com uma área de floresta nativa.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 CICLO DO CARBONO

O ciclo do carbono pode ser chamado de “o grande reciclador”, pois faz a troca do carbono entre todos os compartimentos terrestres que podem, de alguma forma, armazená-lo durante um certo tempo. A reciclagem do carbono ocorre através dos processos biogeoquímicos como a fotossíntese, a respiração e a decomposição da matéria e a queima ou combustão de materiais. O ciclo do carbono é um ciclo fechado. Por exemplo, quando uma madeira é queimada, o carbono que faz parte de sua biomassa é emitido para a atmosfera sob a forma de  $\text{CO}_2$ . As plantas absorvem o  $\text{CO}_2$  da atmosfera e o usam, combinado com água do solo e a luz do Sol – a fotossíntese, para produzir as substâncias de que precisam para crescer. Pela respiração, as plantas, animais e seres humanos devolvem o carbono à atmosfera sob a forma de  $\text{CO}_2$ . Quando o homem se alimenta dessa planta, o mesmo carbono pode tornar parte do seu corpo. Dessa forma o carbono é reciclado: retirado da atmosfera pela fotossíntese e devolvido pela respiração ou pela decomposição dos tecidos no solo, formando um ciclo. (FOLHA AMAZÔNICA, 2001).

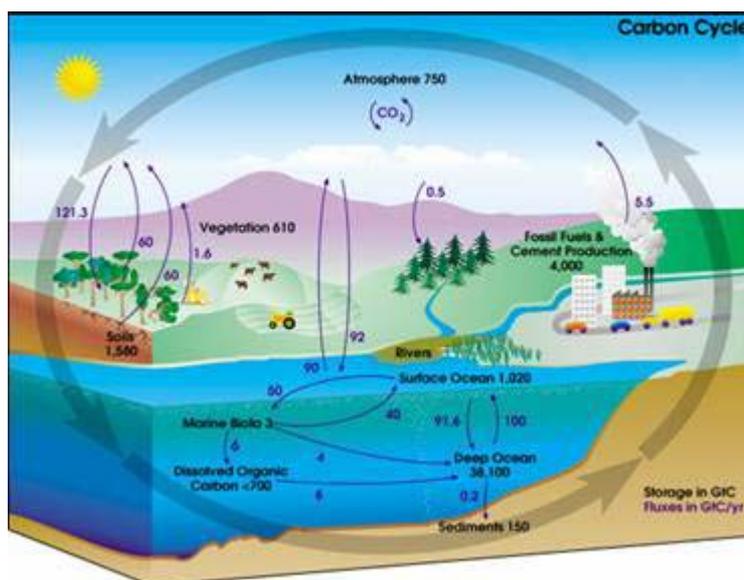


Figura 1: Ciclo do carbono

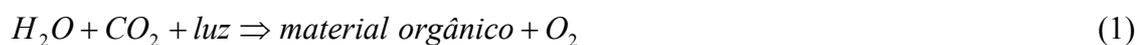
(Fonte: [http://earthobservatory.nasa.gov/Library/CarbonCycle/carbon\\_cycle4.html](http://earthobservatory.nasa.gov/Library/CarbonCycle/carbon_cycle4.html))

## 2.2 FOTOSSÍNTESE

A fotossíntese é o processo através do qual os vegetais produzem o seu próprio alimento, que é o combustível indispensável para a vida da planta, do homem e outros animais. Os vegetais necessitam da luz solar como a energia absorvida pelas plantas em suas reações químicas. É na fotossíntese realizada pelas plantas que ocorre o primeiro e principal processo de transformação de energia no ambiente terrestre. Os vegetais que possuem clorofila absorvem energia solar e gás carbônico do ar e realizam reações químicas produzindo material orgânico como açúcares, gorduras e proteínas e liberam oxigênio.

Resumidamente pode se definida como o processo pelo qual as plantas e certos microrganismos convertem energia luminosa em energia biológica, produzindo carboidratos. Ela ocorre em cloroplastos, estruturas celulares que contêm pigmentos de clorofila. (OKUNO *et al*, 1982)

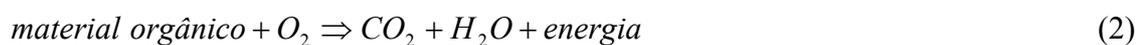
A reação química que ocorre na fotossíntese pode ser esquematizada da seguinte forma:



## 2.3 RESPIRAÇÃO

A respiração é um processo que todos os seres vivos realizam. As plantas também respiram, processo esse que se traduz na atividade inversa da fotossíntese. No processo de respiração, o oxigênio é tomado da atmosfera para que os carboidratos (e outros constituintes celulares) sejam convertidos em energia para os processos vitais de manutenção e desenvolvimento que todo ser vivo realiza. Nesta reação são liberados dióxido de carbono, água e energia na forma de calor. (SCARPINELLA, 2002)

A equação da respiração pode ser representada da seguinte forma:



Através da respiração, há uma liberação de dióxido de carbono, água e energia para o meio, com o objetivo de obtenção de energia por parte dos seres vivos.

É importante ressaltar que as plantas, na presença de luz, apesar de realizarem a fotossíntese também respiram. Mas sua atividade fotossintética sobrepõe-se à respiratória. Na ausência de luz, a taxa respiratória é maior e a planta não realiza fotossíntese.

## **2.4 EFEITO ESTUFA**

A atmosfera é constituída por uma mistura de gases, predominantemente nitrogênio ( $N_2$ ) e oxigênio ( $O_2$ ) perfazendo em conjunto 99%. Vários outros gases encontram-se presentes em pequenas quantidades e, naturalmente, constituem os conhecidos gases de efeito estufa, como o dióxido de carbono ( $CO_2$ ), ozônio ( $O_3$ ), metano ( $CH_4$ ) e óxido nitroso ( $N_2O$ ), juntamente com o vapor d'água ( $H_2O$ ). Esses gases recebem tal denominação por apresentarem a propriedade de reter o calor, da mesma forma que os vidros de um carro fechado ou o revestimento de uma estufa sob a incidência do Sol.

O dióxido de carbono, metano e óxido nitroso são os contribuintes gasosos da atmosfera que mais têm sido discutidos. No entanto, atenção prioritária tem sido dedicada ao dióxido de carbono, uma vez que o volume de suas emissões para a atmosfera representa algo em torno de 55% do total das emissões de gases de efeito estufa e o tempo de sua permanência na atmosfera é de pelo menos 10 décadas.

O  $CO_2$  distribuído na atmosfera age como a cobertura de uma estufa sobre o planeta, permitindo a passagem da radiação solar, mas evitando a liberação da radiação infravermelha emitida pela Terra. Assim, pela ação do efeito estufa natural a atmosfera se mantém cerca de  $30^\circ C$  mais aquecida, possibilitando, com isso, a existência de vida no planeta, que sem o efeito estufa natural seria um mero deserto gelado.

Com vistas à manutenção do equilíbrio térmico, a Terra emite para o espaço a mesma proporção de energia que recebe de radiação solar. A radiação incidente

atravessa as diversas camadas da atmosfera e seu retorno ocorre na forma de radiações térmicas de grande comprimento de onda ou calor, que são absorvidas pelo CO<sub>2</sub>.

Somando-se ao processo natural, as atividades do homem, também denominadas antrópicas, estão resultando em contribuições adicionais de gases de efeito estufa, acentuando a concentração dos mesmos na atmosfera e, conseqüentemente, ampliando a capacidade de absorção de energia que naturalmente já possuem. As emissões antrópicas de CO<sub>2</sub> decorrem principalmente da queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás natural), em usinas termoelétricas e indústrias, veículos em circulação e sistemas domésticos de aquecimento. Reservatórios naturais e sumidouros que têm a propriedade de absorver o CO<sub>2</sub> do ar são também afetados por ação antrópica, como as queimadas e os desmatamentos. O aumento das concentrações de gases como o CO<sub>2</sub> acima do natural pode ser potencialmente perigoso, com possíveis conseqüências catastróficas para a humanidade, como o aumento do nível do mar. (MCT/BNDES, 1999)

## **2.5 MUDANÇAS CLIMÁTICAS**

As florestas tropicais e o cerrado são importantes para a troca de água e de energia com a atmosfera e são tidas como importantes reguladoras do clima local e regional. Entretanto, o rápido desmatamento da Amazônia brasileira tem a capacidade de desestabilizar o fluxo de água e energia da superfície para a atmosfera. A pesquisa conduzida durante a experiência da ARME (Amazon Region Micrometeorological Experiment) e o ABRACOS (Anglo-Brazilian Amazonian Climate Observation Study) avaliou os efeitos do desmatamento sobre as trocas de massa e energia, balanço de água e a fisiologia da floresta tropical, do cerrado e do pasto para gado. Os dados destes estudos serviram como base para a parametrização, calibração, e a validação dos modelos gerais da circulação e dos modelos de mesoescala usados para avaliar os efeitos do desmatamento da floresta tropical nas trocas de energia do ecossistema. (VOURLITIS *et al*, 2002)

Os estabelecimentos de sistemas de manejo e exploração sustentáveis para as florestas tropicais, são de vital importância as questões relativas ao modo como uma intervenção antropogênica afeta as capacidades básicas de auto-renovação e como preservar processos ecológicos básicos tais como produtividade biológica e reciclagem de água e nutrientes. Presume-se que a alteração dos ciclos da água, energia solar, carbono e nutrientes, resultantes da mudança no uso e cobertura do solo na Amazônia possa acarretar conseqüências climáticas e ambientais em escalas local, regional e global. A fim de entender essas conseqüências e atenuar seus efeitos negativos, se tornou necessário um melhor conhecimento, tanto das florestas nativas quanto da vegetação secundária e outras formas de uso da terra. O entendimento dos ecossistemas naturais proporcionará o discernimento necessário à concepção de sistemas de manejo sustentáveis, os quais poderão emular as adaptações biológicas que se desenvolveram nas condições ambientais particulares da Amazônia. (PROJETO MILÊNIO LBA, 2001)

A variabilidade interanual na precipitação afeta a vegetação terrestre e a hidrologia das bacias de drenagem. Observações e modelos indicam que a vegetação responde a variações na precipitação com uma maior produtividade e armazenamento de carbono durante anos mais úmidos

Estimativas da mudança potencial de terra e vegetação por desmatamento indicam que, 1,6-2,4 Pg de C (1 Pg =  $10^{15}$  g) é perdido anualmente nas regiões tropicais o que é equivalente a 15-25% da emissão global de C pela queima de combustíveis fósseis anual (DIXON *et al.*, 1994; HOUGHTON *et al.*, 1998; FEARNSIDE, 2000). Acredita-se que estas perdas causam mudanças drásticas na micrometeorologia e hidrologia devido às mudanças de cobertura de terra. Por exemplo, conversão para pastagem pode causar um déficit de pressão de vapor de 1,5-2,0 kPa e um aumento da temperatura da superfície da Terra de 5-10°C em relação a uma floresta intacta (CULF *et al.* 1996; UHL e KAUFFMAN, 1990). Mudanças de cobertura de terra também podem aumentar o índice de precipitação, alterar as variações sazonais da entrada de radiação solar, radiação líquida, e evapotranspiração (ET), e afetar o desenvolvimento noturno da camada limite de convecção (CULF *et al.*, 1996; NOBRE *et al.*, 1996; MANZI e PLANTON, 1996; HODNETT *et al.* 1995, 1996). Estas alterações na hidrologia e partição de energia têm implicações importantes nos ciclos

biogeoquímicos locais e regionais e nos saldos de energia. É provável que estas mudanças sejam mais extremas nas porções sul e orientais da Bacia Amazônica (i.e., Mato Grosso) onde essas atividades são mais comuns (LAURANCE, 1998; NEPSTAD *et al.*, 1999) e a seca sazonal já é um importante fator limitante da fisiologia da floresta. (PRIANTE FILHO *et al.*, 2004)

Alguns estudos mostram que se houver uma substituição total da Amazônia para sua utilização como pastagens, por exemplo, a temperatura média da região poderá aumentar em até 2 °C e a quantidade de chuva poderá diminuir em até 20%. (FOLHA AMAZÔNICA, 2001)

## 2.6 FLORESTA

Floresta é uma área mínima de terreno de 0,05 – 1,0 hectare com cobertura de copa de árvore (ou equivalente nível de estoque) de mais de 10 – 30 por cento, com árvores com potencial de altura mínima de 2 – 5 metros na maturidade, *in situ*. Uma floresta pode consistir de formações florestais fechadas onde árvores de várias formações e sub bosque cobrem uma alta proporção do terreno, ou floresta aberta. Estandes naturais jovens e todas as plantações que ainda forem atingir uma densidade de copa de 10 – 30 por cento ou altura de árvore de 2 – 5 metros são consideradas floresta, assim como áreas que normalmente formam parte de uma área florestal e que estão temporariamente sem estoque como resultado de intervenção humana tal como corte ou causas naturais e que são esperadas a reverter para floresta. (KRUG, 2003)

Cerca de 2/3 do território brasileiro são formados por florestas. A floresta Amazônica, a maior floresta tropical do mundo, por exemplo, cobre 47% do território nacional e tem cerca de 50 bilhões de m<sup>3</sup> de madeira em uma diversidade de aproximadamente 4.000 espécies arbóreas. O Pantanal, a maior planície inundável do mundo e outros biomas, como o Cerrado, a Caatinga e a Mata Atlântica, são outros ecossistemas florestais de importância. As florestas nativas brasileiras chegam a cerca de 550 milhões de hectares. De maneira geral, o patrimônio florestal brasileiro, pode ser dividido nas seguintes formações: (SCARPINELLA, 2002)

- Floresta Amazônica (na região Norte);
- Floresta Tropical (regiões Sul e Sudeste);
- Caatinga e Mata do Cocais (Nordeste);
- Cerrados (no Sudeste e Centro-Oeste);
- Campos e matas de araucária (região Sul);
- Mangues (região litorânea);
- Reflorestamentos.

A Amazônia Legal, tem extensão aproximada de 5 milhões de quilômetros quadrados (59% do território brasileiro), totaliza 762 municípios e engloba os estados da Região Norte do país (Acre, Amapá, Amazonas, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins), parte da Região Centro-Oeste (Mato Grosso e uma pequena porção de Goiás – acima de 13° de latitude sul) e uma parte do Maranhão (a 44° de longitude oeste). (LENTINI *et al*, 2003)

### **2.6.1 Floresta Ombrófila Aberta**

Conhecida até recentemente como “área de transição” entre a Amazônia e o espaço extra-amazônico, a Floresta Ombrófila Aberta foi conceituada como fisionomia florestal composta de árvores mais espaçadas, com estrato arbustivo pouco denso e caracterizado ora pelas fanerófitas rosuladas, ora pelas lianas lenhosas. Ocorre em clima que pode apresentar um período com mais de 2 e menos de 4 meses secos, com temperaturas médias entre 24°C e 25°C. É representada por três grupos de formação: Aluvial, de Terras Baixas e Submontana. (IBGE, 2004)

### **2.6.2 Savana (Cerrado)**

A Savana brasileira (Cerrado) inclui as várias formações campestres onde, com vegetação gramíneo – lenhosa baixa, alternam-se às vezes pequenas árvores isoladas, capões florestados e galerias florestais ao longo dos rios, mostrando, assim, uma grande

variabilidade estrutural e, em conseqüência, grandes diferenças em porte e densidade, no que também influi a intensidade da ação antrópica. Ocorre em vários tipos de clima, subsistindo tanto sob climas estacionais tropicais com período seco variando entre 3 e 7 meses, como sob climas ombrófilos sem período biologicamente seco. É representada por quatro subgrupos de formação: florestada, arborizada, parque e gramíneo-lenhosa. (IBGE, 2004)

### **2.6.3 Área de Tensão Ecológica**

Ocorre quando entre duas ou mais regiões fitoecológicas existem áreas onde estas floras se contatam, justapondo-se ou interpenetrando-se, formam-se os contatos, identificados, respectivamente, em encraves e ecótonos. No primeiro caso, cada mosaico de vegetação guarda a sua identidade florística e fisionômica sem se misturar, permitindo a definição da formação ou subformação dominante. No caso dos ecótonos, a identidade florística passa a ser ao nível de espécies, não se determinando a dominância de uma região sobre outra. Frequentemente ocorrem endemismos que melhor as identificam. As áreas de tensão ecológica são, às vezes, coincidentes com o contato de duas formações geológicas e com faixa de transição climática. (IBGE, 2004)

## **2.7 DESMATAMENTO**

Segundo estimativas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), foram desmatados cerca de 25.500 km<sup>2</sup> na Amazônia Legal no período entre agosto de 2001 e agosto de 2002. Um aumento de 40% em relação ao período anterior e uma área maior do que o Estado de Alagoas. Este índice é o segundo maior da história, inferior apenas ao de 1995, quando foram derrubados 29.059 km<sup>2</sup>. De acordo com esta projeção, a área cumulativa desmatada na Amazônia Legal chegou a 631.369 km<sup>2</sup> em 2002, correspondente a 15,7% de toda floresta amazônica brasileira.

A maior parte do desmatamento na região tem se concentrado ao longo de um “Arco” que se estende entre o sudeste do Maranhão, o norte do Tocantins, sul do Pará, norte de Mato Grosso, Rondônia, sul do Amazonas e o sudeste do Acre. No período de 2000-2001, aproximadamente 70% do desmatamento na Amazônia Legal ocorreram em cerca de cinquenta municípios nos estados de Mato Grosso, Pará e Rondônia, que representam em torno de 15,7% da área total da região. Entre alguns municípios desses estados, a área desmatada chega aos 80-90% de sua superfície total. (BRASIL, 2004)

## **2.8 REFLORESTAMENTO**

O reflorestamento é a conversão por indução direta do homem, de terras não florestadas para terras florestadas através de plantio, semeadura e/ou na promoção induzida pelo homem de semeadura natural, ou terras que eram florestadas, mas que tinham sido convertidas em terras não florestadas.

O reflorestamento pode ser misto ou homogêneo, com espécies exóticas ou nativas. O reflorestamento homogêneo é feito em área com apenas uma espécie e o misto em uma área com duas ou mais espécies. As espécies plantadas podem ser nativas, que consistem nas espécies de ocorrência naturais na região ou exóticas, que consistem em espécies que foram estabelecidas pela primeira vez em um local situado a distâncias significativas de sua região de ocorrência natural (SCARPINELLA, 2002).

O reflorestamento tem como objetivos uma série de melhorias ambientais, tais como: a diminuição da erosão nos solos devido à maior cobertura vegetal, a ciclagem de nutrientes, além do sequestro do CO<sub>2</sub> atmosférico e produção de O<sub>2</sub>, entre outros.

No Brasil, o reflorestamento já acontece em diversas escalas e com diversas finalidades. Podendo ocorrer para reparos ambientais, demanda de matéria-prima ou como mecanismo de desenvolvimento limpo para uma futura participação no mercado mundial emergente de carbono.

O projeto da multinacional francesa *Peugeot* pretende reflorestar uma área de 12.000 hectares no Mato Grosso, em terras degradadas, antes destinadas à atividade pecuária com o objetivo de participação no MDL. (GARCIA, 2001)

## 2.9 EVAPOTRANSPIRAÇÃO

Segundo OMETTO (1981), evapotranspiração vem a ser o fenômeno associado à perda conjunta de água do solo pela evaporação e da planta pela transpiração. Por ser a água total perdida pelo sistema, ela deve ser determinada com o maior cuidado possível, a fim de ser reposta e manter sempre o sistema em cultivo em condições de máximo relacionamento com o meio. Como é sabido, a planta retém em torno de 1 a 2% da água que utiliza, portanto, quanto maior a quantidade de água utilizada, melhor o desempenho da planta.

Os métodos de obtenção da evapotranspiração podem ser com medidas diretas e indiretas, assim como métodos de estimativa utilizando-se de diferentes parâmetros meteorológicos, em diferentes critérios de análise, sendo para medidas diretas:

- Lisímetros;
- Sonda de neutrons;
- Evapotranspirômetros;

E para medidas indiretas:

- Gravimetria;

Métodos de estimativa através de parâmetros meteorológicos:

- Método do Balanço de Energia;
- Método Aerodinâmico;
- Método Combinado (Penman), que combina o método do balanço de energia com o método aerodinâmico;
- Método da correlação turbulenta, que associa o fluxo vertical do ar e o fluxo das propriedades associadas a ele. (HAYASHI, 2001)

## 2.10 BALANÇO DE ENERGIA

Balanço de energia representa a contabilidade das interações dos diversos tipos de energia com a superfície. Em condições atmosféricas normais, o suprimento principal de energia para a superfície é dado pela radiação solar incidente formada por

ondas curtas ( $BOC$ ), e o seu saldo corresponde à radiação de ondas curtas incidente ( $OCi$ ) menos a radiação de ondas curtas refletida ( $OCr$ ):

$$BOC = OCi - OCr \quad (3)$$

ou

$$BOC = OCi(1 - r) \quad (4)$$

onde  $r$  é o albedo da superfície.

A superfície terrestre emite radiação, porém de ondas longas. O saldo de ondas longas corresponde à radiação emitida pela atmosfera ( $Olea$ ) menos a radiação emitida pela superfície ( $Oles$ ):

$$BOL = Olea - Oles \quad (5)$$

das Equações 2 e 3 o saldo de radiação resultante é:

$$Rn = OCi(1 - r) + Olea - Oles \quad (6)$$

Os valores do saldo de radiação podem ser coletados diretamente por radiômetros de saldo de radiação, chamados “net radiometers”.

Em superfícies vegetadas, o saldo de radiação ( $Rn$ ) se reparte entre calor sensível ( $H$ ), calor latente ( $Le$ ) e calor para o solo ( $G$ ):

$$Rn - H - Le - G = 0 \quad (7)$$

## 2.11 RAZÃO DE BOWEN

Segundo PEREIRA *et al* (1997), a razão entre o calor sensível ( $H$ ) e o calor latente ( $Le$ ) foi proposta por Bowen, em 1926, como forma de estudar a partição da energia disponível, isto é:

$$\beta = \frac{H}{Le} \quad (8)$$

O valor de  $\beta$  depende fundamentalmente das condições hídricas da superfície evaporante. Se a superfície estiver umedecida, maior parte de  $Rn$  será utilizada em  $Le$ , resultando em  $\beta$  pequeno. Se, pelo contrário a superfície apresentar restrição hídrica, maior parte de  $Rn$  será utilizada no aquecimento do ar, resultando em  $\beta$  elevado.

## 2.12 MÉTODO DA CORRELAÇÃO DOS VÓRTICES TURBULENTOS

O método da correlação dos vórtices turbulentos é um dos meios relativamente diretos de medir fluxos, sem a necessidade para suposições relativas a difusão e sem fazer qualquer suposição sobre a natureza da cobertura de superfície. Neste método o fluxo vertical de uma entidade transportada a um ponto é obtido correlacionando as flutuações na concentração daquela entidade com as flutuações na velocidade de vento vertical. Por exemplo, os fluxos de calor sensível ( $H$ ), calor latente ( $Le$ ) e dióxido de carbono ( $FCO_2$ ) em cima de uma superfície horizontal homogênea e sob uma condição de “estado-estacionário” são determinadas por (VERMA, 1990):

$$H = -\rho C_p \overline{w'T'} \quad (9)$$

$$Le = -L \overline{w'\rho'_v} \quad (10)$$

$$FCO_2 = -\overline{w'\rho'_c} \quad (11)$$

Onde  $w$  é a velocidade vertical,  $T$  é a temperatura de ar,  $\rho_v$  é a umidade absoluta,  $\rho_c$  é a concentração de gás carbônico,  $\rho$  é a densidade do ar,  $C_p$  é o calor específico do ar à pressão constante, e  $L$  é o calor latente de vaporização.

As grandezas acompanhadas de um apóstrofo ( $'$ ), representam diferenças em relação às médias calculadas dentro de um intervalo chamado “média móvel”.

O gás carbônico é um elemento utilizado pela planta quando da realização do processo fotossintético. (OMETTO, 1981)

Conhecendo-se o fluxo de  $\text{CO}_2$ , torna-se possível estimar o comportamento do vegetal em relação a sua produção de matéria seca.

## 2.13 MÉDIA MÓVEL

Médias móveis para um período escolhido de extensão  $L$  consistem em uma série de médias aritméticas, calculadas ao longo do tempo, de modo que cada média aritmética seja calculada para uma seqüência de valores observados que tenham uma determinada extensão  $L$ . (LEVINE et al, 2000)

## 2.14 VARIÁVEIS MICROMETEOROLÓGICAS

Para uma floresta de transição entre floresta ombrófila e cerrado, VOURLITIS *et al* (2001), encontrou que durante a estação seca esta floresta está em equilíbrio, na estação chuvosa a floresta de transição é uma fonte de  $\text{CO}_2$  na ordem de 50 à 150  $\text{mmol m}^{-2}\text{dia}^{-1}$  e na estação chuvosa é um poço de -55 à -102  $\text{mmol m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ .

Tabela 1 – Valores das Variáveis Micrometeorológicas Obtidas em Outras Pesquisas

<b>AUTOR/ANO</b>	<b>ESTAÇÃO</b>	<b>TIPO DE COBERTURA</b>	<b>VARIÁVEL</b>	<b>VALOR OBTIDO</b>
MALHI <i>et al</i> (1998)	Seca/Chuvosa	Floresta Tropical	Fluxo de CO <sub>2</sub>	-25 à 20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
MALHI <i>et al</i> (1998)	Chuvosa	Floresta Tropical	Fluxo de CO <sub>2</sub>	Pico de -21 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
MALHI <i>et al</i> (1998)	Seca	Floresta Tropical	Fluxo de CO <sub>2</sub>	Pico de -17 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
MIRANDA <i>et al</i> (1997)	Chuvosa	Cerrado	Fluxo de CO <sub>2</sub>	Taxas máximas entre -10 e -2 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
VOURLITIS <i>et al</i> (2001)	Seca e Seca/Chuvosa	Floresta de Transição	Fluxo de CO <sub>2</sub>	Pico de -2,3 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
VOURLITIS <i>et al</i> (2001)	Chuvosa	Floresta de Transição	Fluxo de CO <sub>2</sub>	Pico de -10 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
PRIANTE FILHO <i>et al</i> (2004)	Chuvosa/Seca	Floresta de Transição	Fluxo de CO <sub>2</sub>	-2,8 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$
PRIANTE FILHO <i>et al</i> (2004)	Chuvosa	Floresta de Transição	Fluxo de CO <sub>2</sub>	-3,7 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$

PRIANTE FILHO <i>et al</i> (2004)	Seca e Chuvosa/Seca	Floresta de Transição	Fluxo de Calor Latente	Entre 360 e 400 W m <sup>-2</sup>
PRIANTE FILHO <i>et al</i> (2004)	Chuvosa e Seca/Chuvosa	Floresta de Transição	Fluxo de Calor Latente	Entre 240 e 300 W m <sup>-2</sup>
PRIANTE FILHO <i>et al</i> (2004)	Todas as estações	Floresta de Transição	Fluxo de Calor Sensível	Entre 100 e 160 W m <sup>-2</sup>
VOURLITIS <i>et al</i> (2002)	Seca e Seca/Chuvosa	Floresta de Transição	Radiação Líquida	550 W m <sup>-2</sup>
VOURLITIS <i>et al</i> (2002)	Chuvosa	Floresta de Transição	Radiação Líquida	490 W m <sup>-2</sup>
BALDOCHI <i>et al</i> (1995)		Floresta de Coníferas Boreal – Canadá	Fluxo de CO <sub>2</sub>	-4,5 à -6,8 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
VOURLITIS <i>et al</i> (1997)		Tundra – Alasca	Fluxo de CO <sub>2</sub>	-2,0 μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup>
VOURLITIS <i>et al</i> (1997)		Tundra – Alasca	<i>H/Le</i>	Entre 0,96 e 1,50
VOURLITIS <i>et al</i> (1997)		Tundra – Alasca	Radiação Líquida	Entre 150 e 350 W m <sup>-2</sup>
VOURLITIS <i>et al</i> (1997)		Tundra – Alasca	Fluxo de Calor Sensível e Latente	Entre 50 e 150 W m <sup>-2</sup>

---

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 CARACTERIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DO EXPERIMENTO

#### 3.1.1 Local

O experimento foi realizado num reflorestamento situado na Fazenda São Nicolau, nas proximidades do município de Cotriguaçu, na região noroeste do estado de Mato Grosso ( $9^{\circ} 51' 44''$  S  $58^{\circ} 13' 49''$  O).

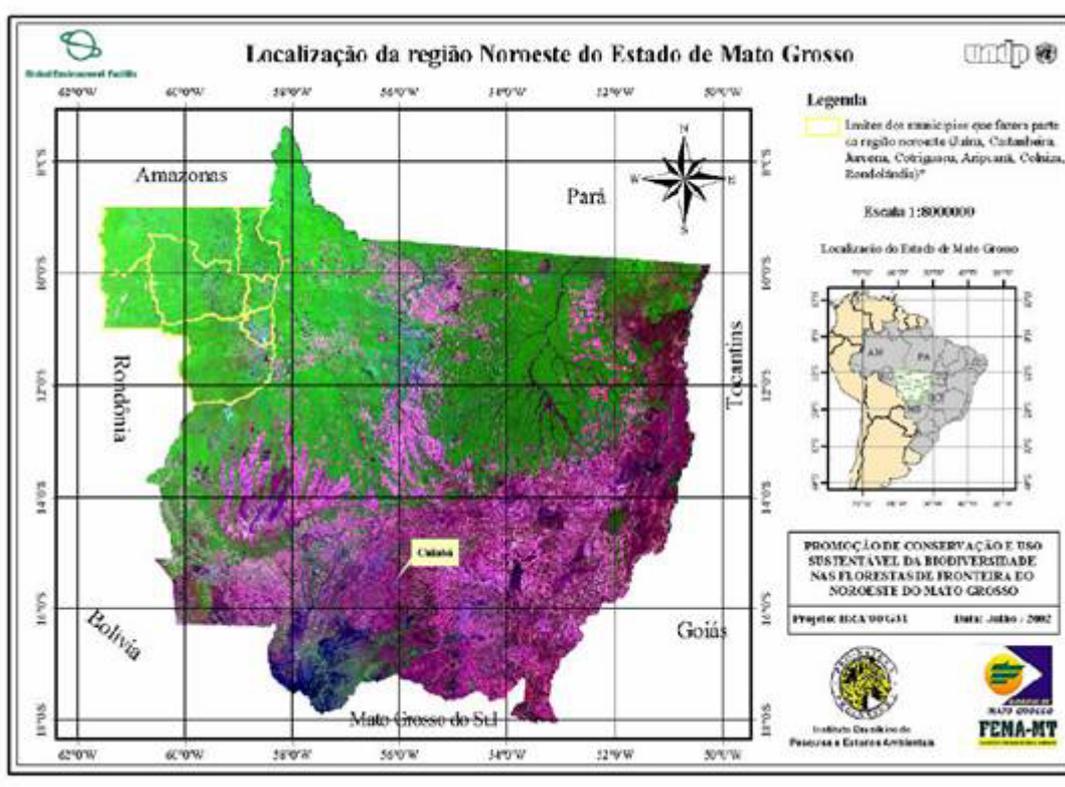


Figura 2: Localização da região noroeste do Estado de Mato Grosso

### 3.1.2 Solo

O solo da área é caracterizado como sendo de textura arenosa (53% areia, 9% lodo e 38% barro), com pH 5-6, carência de fósforo, saturação por bases 50% e com baixo teor de alumínio.

### 3.1.3 Clima

O clima da região segundo Köppen, é definido com tropical quente e úmido, do tipo AM. Com temperatura média anual entre 24 °C. A precipitação pluviométrica anual média é de 2000 mm. Período seco bem definido entre maio e outubro e maior ocorrência de chuvas no período de novembro a abril.

### 3.1.4 Espécies Plantadas

O reflorestamento foi implantado em janeiro de 2001, com plantio de quase todas as espécies empregadas, excetuando as não mais disponíveis no viveiro. As espécies plantadas foram: caroba (*Jacarandá copaia*), ipê amarelo (*Tabebuia sp*), teca de toco (*Tectona grandis*), mogno (*Swietenia macrophylla*), caxeta (*Simaruba amara*), peroba (*Aspidosperma sp*), cedro marinho (*Guarea sp*), massaranduba (*Manikara huberi*), copaíba (*Copaifera langsdorffii*), itaúba (*Mezilaurus itauba*), aroeira (*Astronium sp*), jatobá (*Hymenaea courbaril*), pariri (*Pouteria pariry*), timburi (*Enterolobium sp*), paricá (*Schizolobium amazonicum*), seringueira (*Hevea brasiliensis*), cajá (*Spondias sp*), olho de boi (*Diospyros hispida*), cedro rosa (*Cedrela sp*), castanheira (*Bertholetia excelsa*).

### 3.1.5 Localização da torre

A torre está instalada na parte sul oeste da Fazenda (coordenadas em UTM: (X) 360904 e (Y) 8910159).

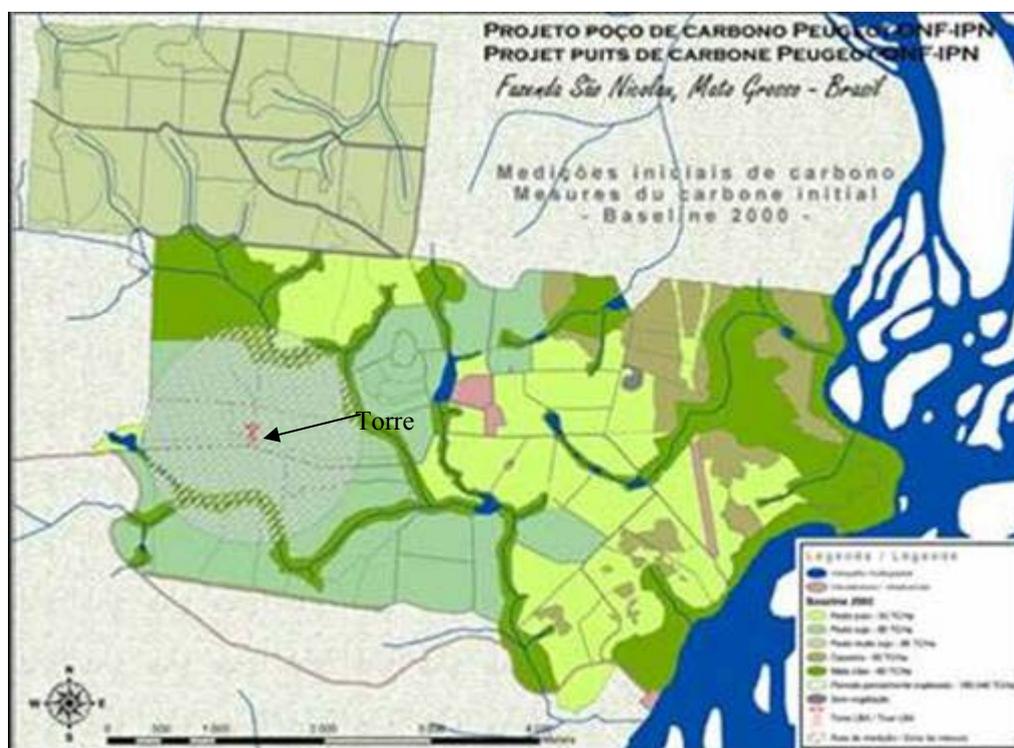


Figura 3: Mapa do local onde está a torre

Na figura seguinte (figura 4), se encontram os números dos talhões que pertencem da área de influência da torre, os principais são os talhões: 10 A, 10 B, 10 C, 10 D, 10 E, 11 A, 11 B, 11 C, 13, 14 A, 14 B (onze talhões).

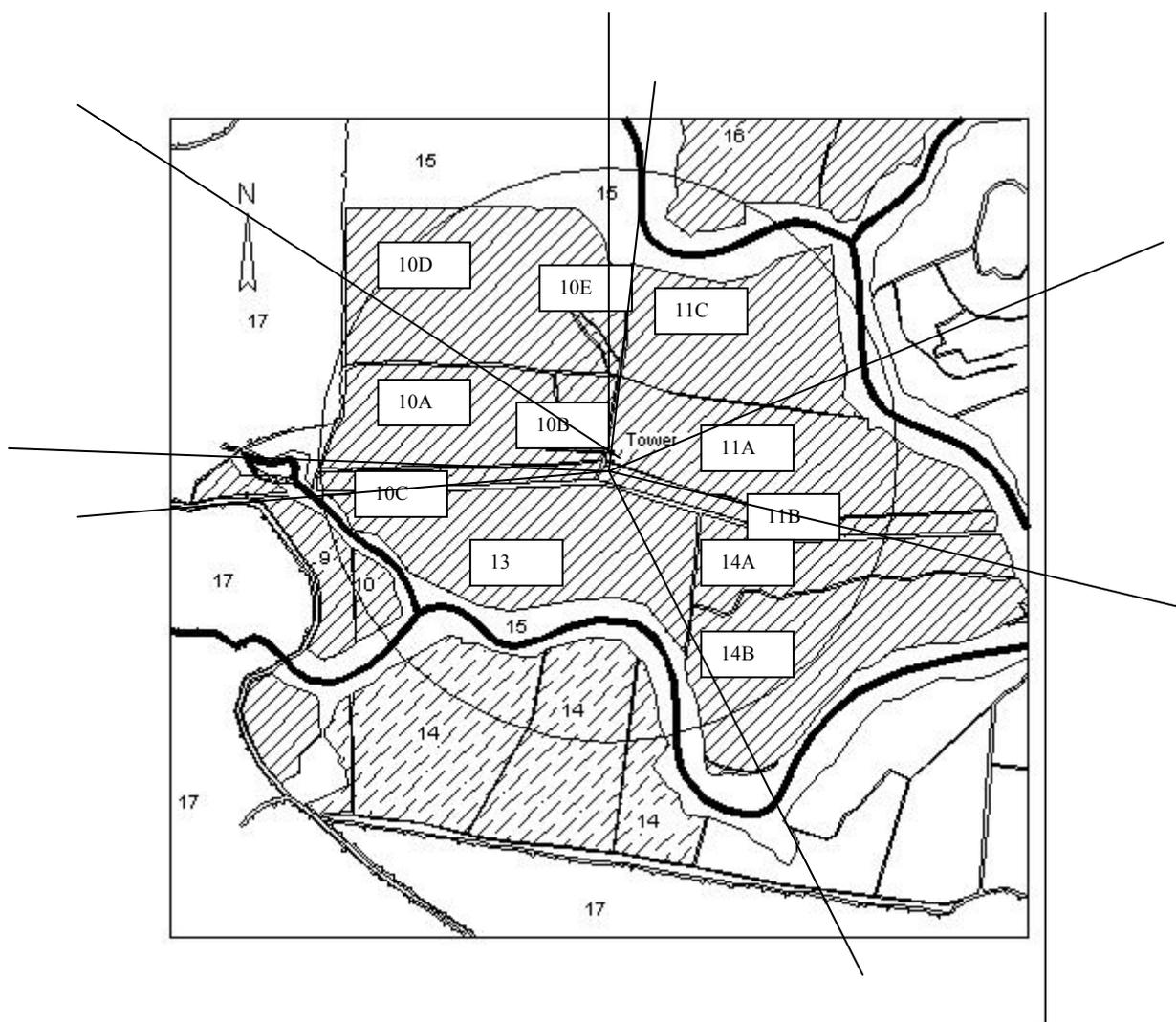


Figura 4: Área de influência da torre e divisão dos talhões

### 3.1.6 Tipos de reflorestamento

A fazenda possui cinco tipos de reflorestamentos que correspondem a anos de plantio diferentes. O plantio está sendo realizado cada ano na época da chuva, entre novembro e fevereiro. As datas de plantio são indicadas por duas datas (exemplo: plantio 1999/2000 – foi plantado na época da chuva entre o fim de 1999 e início de 2000).

O espaçamento e o tipo de espécies plantadas são diferentes a cada ano. Os cinco tipos de reflorestamentos são:

- Plantio 1999/2000 – plantio diversificado com espaçamento 5 x 4;

- Plantio 1999/2000 – 2000/2001 – plantio de 1999 (espaçamento 5 x 4) que foi replantado o ano seguinte devido às falhas na sobrevivência de algumas espécies;
- Plantio 2000/2001 – plantio mais adensado com espaçamento 3 x 2;
- Plantio 2001/2002 – plantio adensado com espaçamento 3 x 2;
- Plantio 2002/2003 – plantio menos adensado com espaçamento 6 x 3.

Na área de influência da torre, se encontram quatro tipos de reflorestamento sobre os cinco existentes na Fazenda, dentre os tipos de plantios citados acima, apenas o de 1999/2000 não se encontra nas imediações da torre.

### 3.1.7 Dados dos plantios por ano

Tabela 2: Dados dos plantios

Talhão	Plantio	Replatio	Superfície	Densidade	Nº
				(mudas/hectare)	mudas
10 A	2001/2002		28,5	1111	23312
10 B	2000/2001		5,6	1667	3995
10 C	1999/2000	2000/20001	7,0	500	6796
10 D	2001/2002		53,5	1667	73984
10 E	2000/2001		1,1	1667	1925
11 A	2002/2003		40,5	556	19343
11 B	1999/2000	2000/20001	10,1	500	9008
11 C	2002/2003		36,8	556	18538
13	1999/2000	2000/20001	45,9	500	19107
14 A	1999/2000	2000/20001	20,5	500	6833
14 B	2001/2002		44,4	1667	69500

Tabela 3: Espécies plantadas em cada talhão

<b>Talhão</b>	<b>Espécies</b>
10 A	Teca, Ipê roxo, Ipê rosa, Ipê amarelo, Paineira, Cedro rosa e Freijó
10 B	Cajá e Ipê amarelo
10 C	Cajá, Caixeta e Ipê amarelo
10 D	Ipê rosa, Ipê amarelo, Freijo e Cedro rosa
10 E	Cajá e Teca
11 A	Figueira Branca, Figueira branca mole, Figueira rosa, Ipê roxo e Jamelão
11 B	Cajá, Caixeta e Ipê rosa
11 C	Figueira Branca, Figueira branca mole, Figueira rosa, Ipê roxo, Aroeira, Freijó, Caroba, Jamelão e Paricá.
13	Caroba, Ipê rosa e Caixeta
14 A	Cajá, Caixeta e Ipê rosa
14 B	Ipê rosa, Ipê roxo, Freijó e Cedro rosa

A divisão de cada talhão encontra-se na figura 4.

## **3.2 INSTRUMENTOS MICROMETEOROLÓGICOS**

### **3.2.1 Armazenagem dos dados**

Para a armazenagem dos dados meteorológicos e de solo, foi utilizado um datalogger da Campbell CR 10x e para os dados de vórtices turbulentos foi utilizado um Palmtop PC da Hewlett Packard 200 LX.

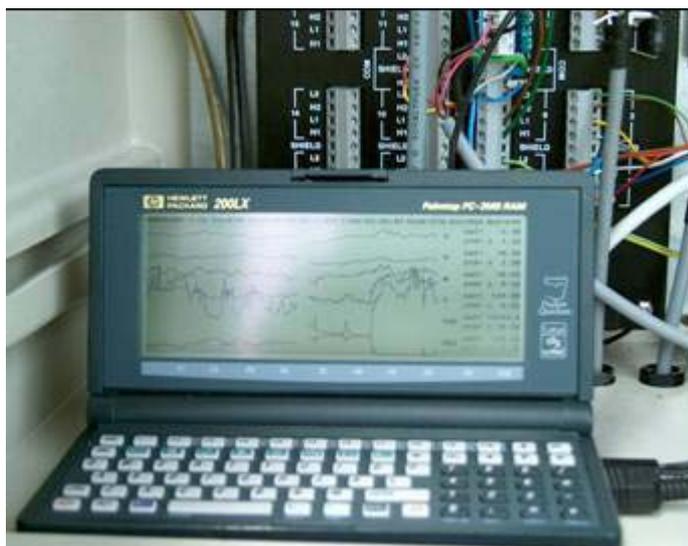


Figura 5: Palmtop PC Hewlett Packard 200 LX

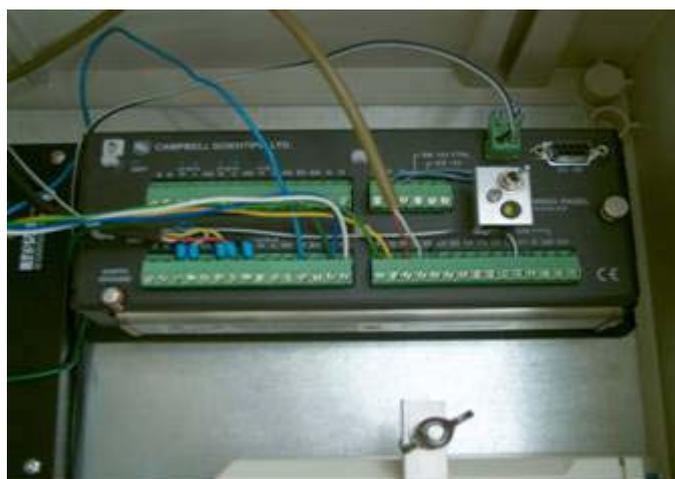


Figura 6: Datalogger Campbell CR 10x

### 3.2.2 Equipamentos Meteorológicos

Para a coleta dos dados meteorológicos foram utilizados: Net Radiometer da Kipp CNR1, sensor de radiação PAR LI-190SZ da Licor, pluviômetro da EM ARG 100, psicrômetro da Vaisala HMP45D, anemômetro para medir a velocidade do vento da Vector A100R, anemômetro para medir a direção do vento da Vector W200P, um barômetro da Vaisala PTB-101A.



Figura 7: Pluviômetro e psicrômetro

### 3.2.3 Equipamentos dos fluxos

Os fluxos são medidos por um sistema baseado no Eddywsc da Winland Staring Centre, que utiliza um anemômetro sônico R3 da Gill Windmaster Pro, analisador de gases LI-7500 da Licor, usados para as médias das flutuações da velocidade do vento,  $\text{CO}_2$  e vapor de água, instalados à 10 m de altura em relação ao solo.



Figura 8: Anemômetro sônico e analisador de gases

### 3.2.4 Equipamentos de coleta no solo

Para a coleta de dados do solo foram utilizados: sensor de fluxo de calor do solo da TNO-TPD PU43T, sensor de temperatura do solo da Campell 108, instalado à 5 cm da superfície.

## 3.3 MÉTODOS DE ANÁLISE

Os dados micrometeorológicos foram coletados em intervalos de 0,1 segundos, os fluxos de CO<sub>2</sub>, calor sensível e calor latente foram calculados através das médias móveis, com intervalos de 200 segundos, utilizando o método dos vórtices turbulentos (equações 9, 10 e 11) e posteriormente foram calculadas as médias a cada 30 minutos.

Foram feitas médias diárias para os anos de 2002 e 2003, para o fluxo de CO<sub>2</sub>, fluxo de calor latente e calor sensível, radiação líquida, umidade relativa, temperatura, fluxo de calor no solo e  $H/Le$  e com os valores obtidos através das médias diárias foi montada a equação do balanço de energia (equação 7), todas as variáveis estudadas foram plotadas em um gráfico, com os valores para cada ano.

Posteriormente foi calculado o “dia médio”, que é uma média constituída pelos valores de cada variável em cada meia-hora do dia. Nessa média entram os valores das variáveis de todos os dias do ano ou da estação na meia-hora considerada.

O dia médio foi calculado para 2002 e 2003, dividido nas quatro estações, com as seguintes variáveis: fluxo de CO<sub>2</sub>, fluxo de calor sensível, fluxo de calor latente, fluxo de calor no solo, radiação líquida, umidade relativa e fluxo de calor no solo.

As estações foram divididas em:

- Seca: 01/06 à 31/08
- Seca/chuvosa: 01/09 à 30/11
- Chuvosa: 01/12 à 28/02
- Chuvosa/seca: 01/03 à 31/05

Através da área de atuação da torre nos talhões (figura 4), os mesmos foram divididos em ângulos, a partir do norte como sendo 0°, ficando a divisão da seguinte forma:

- 7° à 70°: talhão 11C;
- 71° à 110°: talhão 11A;
- 111° à 157°: talhões 11B, 14A e 14B;
- 158° à 262°: talhão 13;
- 263° à 267°: talhão 10C;
- 268° à 299°: talhão 10 A;
- 300° à 7°: talhões 10 D e 10 E.

Os dados foram colocados em uma planilha eletrônica e ordenados em ordem crescente em função da direção do vento, posteriormente foram feitas as divisões dos ângulos acima citados, divididos por estações e foi calculado um dia médio para cada estação para as seguintes variáveis: fluxo de CO<sub>2</sub>, calor sensível e calor latente.

Para análise dos dados foi utilizada a Estatística Descritiva utilizando um intervalo de confiança de 95%.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 REFLORESTAMENTO – ALTURA E SOBREVIVÊNCIA DOS PLANTIOS

Cada ano, nos meses de junho e julho (época seca), um inventário dos plantios está sendo realizado. A taxa de amostragem desse inventário está entre 2 e 3%. Os resultados dos inventários 2002 e 2003 são indicados na tabela abaixo.

Tabela 4: Resultado dos inventários 2002 e 2003

Talhão	Superfície	Sobrevivência 2002	Sobrevivência 2003	Altura 2002 (média m)	Altura 2003 (média m)
10 A	28,5	75%	73%	1,48	2,36
10 B	5,6	89%	79%	1,68	1,99
10 C	7,0	75%	73%	1,48	2,36
10 D	53,5	75%	72%	1,68	1,88
10 E	1,1	82%	80%	1,20	2,16
11 A	40,5		96%		0,79
11 B	10,1	75%	72%	1,68	1,88
11 C	36,8		89%		0,68
13	45,9	78%	70%	1,60	2,04
14 A	20,5	81%	76%	1,60	2,35
14 B	44,4	78%	70%	1,60	2,04

Os talhões 10 C, 11 B, 13 e 14 A são os mais antigos. A sobrevivência é boa (acima de 70%). A altura média das espécies é de dois metros, mas não tem homogeneidade no plantio.



Figura 9: Foto do Talhão 10 C

Os talhões 10 B e 10 E são bem pequenos, apresentam uma sobrevivência próxima de 80% e a altura média é um pouco acima de dois metros.

Os talhões 10 A, 10 D e 14 B têm uma superfície grande em relação aos outros talhões (conforme figura 4). O plantio também é mais adensado (3 x 2). A sobrevivência é acima de 70% e a altura média acima de dois metros.



Figura 10: Foto do Talhão 10 A

Os talhões 11 A e 11 C foram plantados em 2003, portanto em 2002 era pastagem.

## 4.2 DADOS MICROMETEOROLÓGICOS

Os dados de fluxo de CO<sub>2</sub>, calor sensível e calor latente desta pesquisa, se iniciam no dia juliano 85 até 256, onde há uma interrupção e depois se iniciam novamente no dia 331 até 365 de 2002 e 01 até 195 de 2003, porém para análise foram comparados os dados do dia 85 a 195 de 2002 com o mesmo período de 2003, pois para esse período não houveram falhas nos dados. As falhas que ocorreram podem ter sido devido a problema no equipamento de aquisição de dados.

Para os valores de radiação líquida, temperatura e umidade relativa, os dados são do dia juliano 85 até 365 de 2002 e do dia 01 até 230 de 2003.

Para o fluxo de calor no solo, os dados são do dia juliano 85 até 365 de 2002 e do dia 01 até 72 de 2003.

### 4.2.1 Fluxo de CO<sub>2</sub>

A figura 11 apresenta o gráfico da média diária do fluxo de CO<sub>2</sub>, para os anos de 2002 e 2003.

A média diária do fluxo de CO<sub>2</sub> no ano de 2002, foi de aproximadamente  $-1,559 \pm 0,516 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , como o verdadeiro fluxo estará entre  $-1,046$  e  $-2,075 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , ou seja, é significativamente diferente de zero para este ano. Para o ano de 2003, a média diária ficou em torno de  $-1,698 \pm 1,591 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  e o verdadeiro fluxo entre  $-0,107$  e  $-3,289 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , para ambos os anos o reflorestamento se comportou como sumidouro de CO<sub>2</sub>.

E para ambos os anos, os valores encontrados para a média diária oscilaram entre  $-10$  e  $10 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

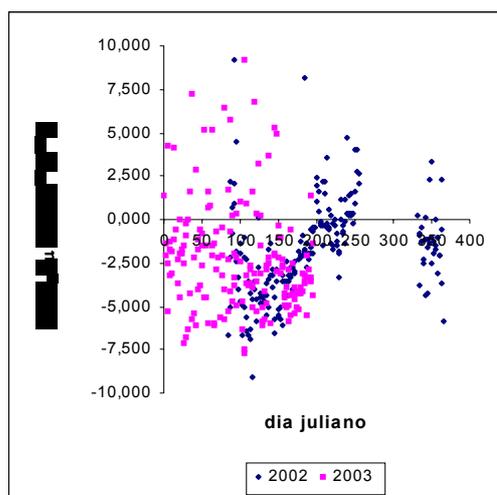


Figura 11: Média Diária para o Fluxo de CO<sub>2</sub>, para os anos de 2002 e 2003

A figura 12 apresenta o dia médio para o fluxo de CO<sub>2</sub> para 2002 e a figura 13 para 2003, dividido por estações.

Para a estação seca do ano de 2002, a média do fluxo de CO<sub>2</sub> de  $-1,442 \pm 1,330 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , com valor mínimo igual a  $-9,769 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  por volta de 11:30 horário local. E para o ano de 2003, a média do fluxo de CO<sub>2</sub> foi  $-3,588 \pm 2,345 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e com valor mínimo igual a  $-18,623 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , às 12:00 horário local.

Através dos resultados acima observa-se que conforme a vegetação foi crescendo, esta se tornou mais efetiva na absorção de CO<sub>2</sub>, para a estação seca, uma vez que o verdadeiro valor do fluxo para 2002 está compreendido entre  $-0,112$  e  $-2,772 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$  e para 2003 entre  $-1,243$  e  $-5,933 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , a absorção para o ano de 2003 foi o dobro do valor encontrado para 2002.

Para a transição chuvosa/seca do ano de 2002 foi encontrada uma média diária de  $-3,558 \pm 2,815 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , sendo que o pico ocorreu ao meio-dia, tendo um valor igual a  $-22,130 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , para o ano de 2003 a média diária foi de  $-2,851 \pm 3,024 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , o menor valor foi  $-22,481 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , às 13:00 horas local. Para o ano de 2002 o fluxo de CO<sub>2</sub> verdadeiro está compreendido entre  $-0,743$  e  $-6,373 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , se comportando como poço, já para 2003 o valor do fluxo está entre  $-5,875$  e  $0,173 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ . Para esta estação não houve diferença entre o fluxo de CO<sub>2</sub> entre os anos de 2002 e 2003.

As estações chuvosa e transição seca/chuvosa, os dados são apenas para o ano de 2002, para a estação chuvosa a média do fluxo de CO<sub>2</sub> foi  $-1,503 \pm 2,921 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ,

com valor mínimo para o fluxo de  $-22,039 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , como o valor verdadeiro está compreendido entre  $-4,424$  e  $1,418 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , com valores compreendidos entre um intervalo negativo e positivo, não se pode afirmar se para a estação chuvosa o reflorestamento foi fonte ou poço de  $\text{CO}_2$ .

E para a transição seca/chuvosa, a média foi de  $1,251 \pm 0,955 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , e o valor mínimo foi de  $-4,831 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , ou seja, para a transição seca/chuvosa o reflorestamento se comportou como fonte de  $\text{CO}_2$ , pois seu valor verdadeiro está compreendido entre  $0,296$  e  $2,206 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

Analisando a sazonalidade para o ano de 2002, pode-se dizer que para as estações seca e chuvosa/seca o reflorestamento se comportou como poço de  $\text{CO}_2$ , para a transição chuvosa/seca foi uma fonte e na estação chuvosa pode ser fonte ou poço de  $\text{CO}_2$ .

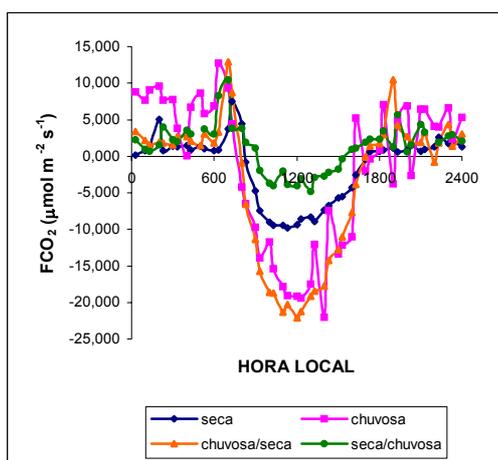


Figura 12: Gráfico do Dia Médio do Fluxo de  $\text{CO}_2$ , dividido por estações para o ano de 2002

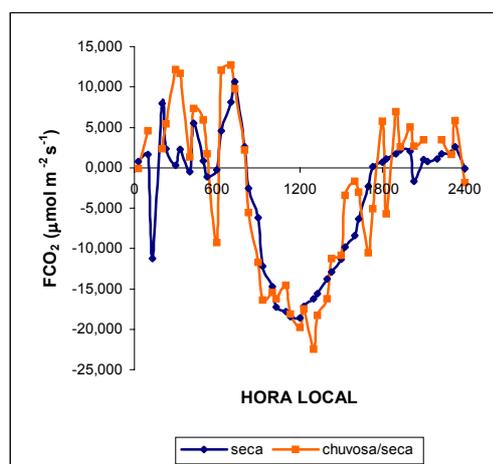


Figura 13: Gráfico do Dia Médio do Fluxo de  $\text{CO}_2$ , dividido por estações para o ano de 2003

#### 4.2.2 Fluxo de Calor Sensível

A figura 14 apresenta a média diária para o fluxo de calor sensível, para os anos de 2002 e 2003. Para o ano de 2002 a média diária foi de  $40,785 \pm 2,201 \text{ W m}^{-2}$ , com um valor máximo de  $86,447 \text{ W m}^{-2}$  e com um valor mínimo de  $-0,557 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano

de 2003 a média foi de  $32,663 \pm 1,770 \text{ W m}^{-2}$ , com valor máximo de  $61,291 \text{ W m}^{-2}$  e mínimo de  $-5,389 \text{ W m}^{-2}$ .

A figura 15 apresenta o dia médio para o ano de 2002, dividido por estações e a figura 16 o dia médio, também por estações, para o ano de 2003.

Para a estação seca de 2002, a média foi de  $50,767 \pm 23,439 \text{ W m}^{-2}$ , com valor máximo igual a  $232,76 \text{ W m}^{-2}$ , já para o ano de 2003, a média foi igual a  $38,844 \pm 18,183 \text{ W m}^{-2}$  e valor máximo igual a  $178,271 \text{ W m}^{-2}$ . Analisando o ano de 2002 em relação a 2003, pode-se observar que o valor máximo foi aproximadamente  $54 \text{ W m}^{-2}$  a menos para o ano de 2003. Mas a média está dentro do mesmo intervalo de confiança.

Mas para a transição chuvosa/seca, os valores são praticamente os mesmos, para 2002 a média foi de  $33,043 \pm 14,452 \text{ W m}^{-2}$ , com valor máximo igual a  $136,274 \text{ W m}^{-2}$  e para 2003 a média foi de  $32,587 \pm 14,026 \text{ W m}^{-2}$  e valor máximo igual a  $130,573 \text{ W m}^{-2}$ .

Para a estação chuvosa de 2002, a média foi de  $27,779 \pm 11,807 \text{ W m}^{-2}$ , com valor máximo igual a  $108,475 \text{ W m}^{-2}$  e para a transição seca/chuvosa de 2002, a média foi de  $50,391 \pm 23,210 \text{ W m}^{-2}$  e valor máximo igual a  $228,978 \text{ W m}^{-2}$ .

Os maiores valores do fluxo de calor sensível são para a estação seca e transição seca/chuvosa, pois neste período a precipitação é menor, neste caso há menos água disponível e maior parte da radiação líquida vai ser utilizada para a mudança de temperatura (calor sensível).

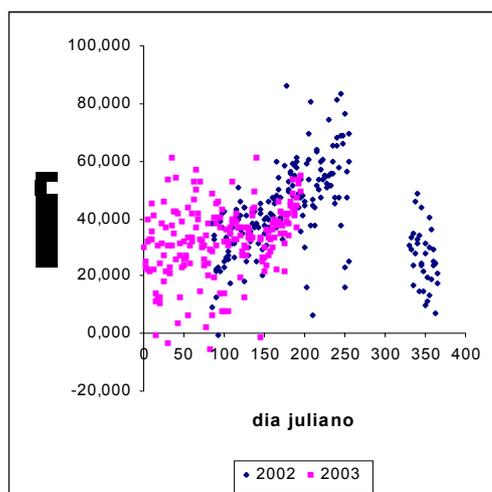


Figura 14: Gráfico da Média Diária do Fluxo de Calor Sensível

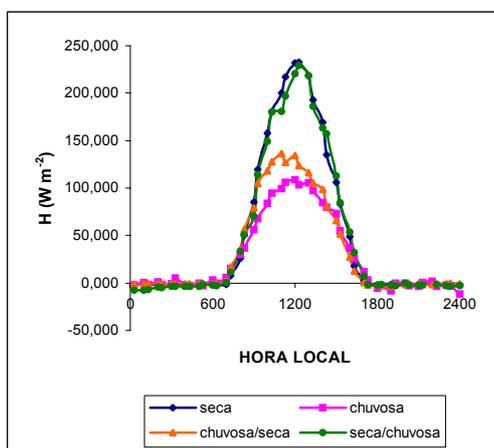


Figura 15: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002

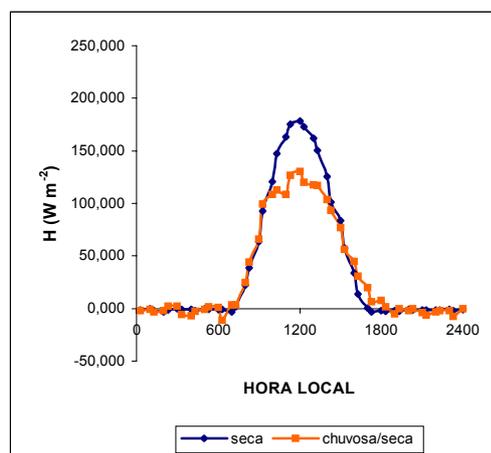


Figura 16: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003

### 4.2.3 Fluxo de Calor Latente

A figura 17 apresenta a média diária para o fluxo de calor latente para os anos de 2002 e 2003. Para o ano de 2002, a média foi de  $64,235 \pm 3,144 \text{ W m}^{-2}$ , com valor máximo igual a  $118,544 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano de 2003, a média para o fluxo de calor latente foi de  $81,173 \pm 4,992 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo igual a  $267,666 \text{ W m}^{-2}$ .

A figura 18 apresenta o dia médio do fluxo de calor latente, para cada estação, para o ano de 2002 e a figura 19 para o ano de 2003.

Para a estação seca do ano de 2002, a média do fluxo de calor latente foi de  $51,370 \pm 19,856 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo foi igual a  $178,400 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano de 2003 a média foi de  $77,112 \pm 29,003 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo foi igual a  $267,033 \text{ W m}^{-2}$ .

Analisando a estação seca para 2002 e 2003, pode-se observar que conforme a vegetação cresceu o fluxo de calor latente aumentou de um ano para outro, o contrário do que ocorreu com o fluxo de calor sensível que diminuiu, mesmo com a umidade relativa (figuras 35 e 36) tendo sido menor em 2003, pois a planta também utiliza água armazenada no solo.

Para a transição chuvosa/seca, a média para 2002 foi de  $80,086 \pm 31,125 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo foi de  $288,333 \text{ W m}^{-2}$  para o ano de 2003 a média foi de  $83,851 \pm 31,294 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo foi de  $290,175 \text{ W m}^{-2}$ . Pelos dados acima pode-se observar que para esta estação os valores estão compreendidos no mesmo intervalo para os dois anos, fato este relacionado à maior disponibilidade de água para esta estação de transição.

Na estação chuvosa a média foi de  $76,946 \pm 27,770 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo igual a  $261,382 \text{ W m}^{-2}$  e para a transição seca/chuvosa a média foi de  $52,138 \pm 20,094 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo foi igual a  $189,493 \text{ W m}^{-2}$ . Valores menores de fluxo de calor latente na estação seca e transição seca/chuvosa são devido à restrição hídrica.

Da mesma forma que ocorreu com o calor sensível, a diferença entre um ano e outro foi observada na estação seca, enquanto que o fluxo de calor sensível diminuiu na estação seca de 2002 em relação ao ano de 2003, o calor latente aumentou para o mesmo período, este fato pode estar relacionado ao crescimento da vegetação que armazenou mais água para a evaporação uma vez que  $Le$  está relacionado à fração evaporada, com conseqüente diminuição da variação da temperatura, que está relacionada ao calor sensível.

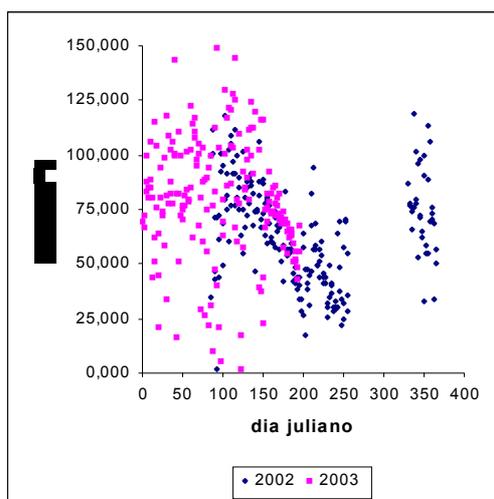


Figura 17: Gráfico da Média Diária do Fluxo de Calor Latente

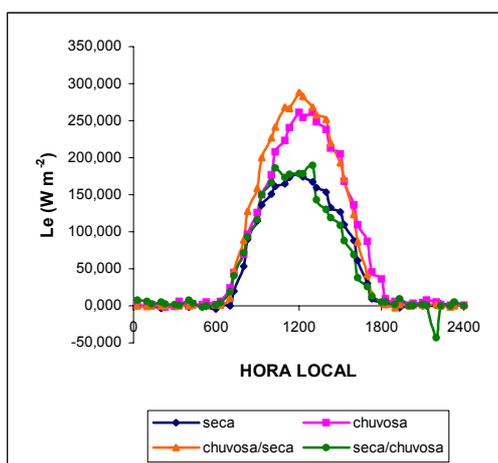


Figura 18: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002

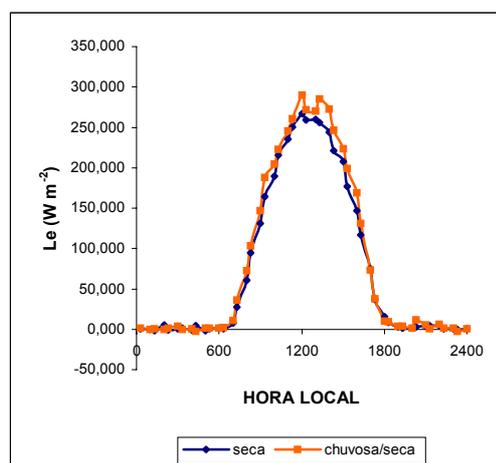


Figura 19: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003

#### 4.2.4 Radiação Líquida

A figura 20 apresenta a média diária da radiação líquida, para os anos de 2002 e 2003. Para o ano de 2002, a média foi de  $131,253 \pm 4,465 \text{ W m}^{-2}$  e valor máximo igual a  $213,148 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano de 2003, a média foi de  $130,253 \pm 3,598 \text{ W m}^{-2}$  e valor máximo igual a  $290,504 \text{ W m}^{-2}$ . A dispersão dos dados na parte inferior do gráfico, no início e no final do ano, se deve à uma maior presença de nuvens para estas épocas do ano e na parte superior à posição da Terra em relação ao Sol, por isso os valores para

esta época do ano são maiores como no final do ano, no hemisfério Sul, o Sol ocupa a posição máxima de  $23^{\circ}27'$  (solstício de verão), caracterizando a menor distância em relação à Terra e na metade do ano (23/06) o Sol está na sua posição máxima no hemisfério Norte, com menor incidência no hemisfério Sul, por isso os valores são menores no meio do ano.

A figura 21 apresenta o dia médio para a radiação líquida, dividida por estações, para o ano de 2002 e a figura 22 para o ano de 2003.

Para a estação seca de 2002, a média foi de  $119,109 \pm 59,709 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo igual a  $536,466 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano de 2003, o valor máximo foi de  $130,765 \pm 63,765 \text{ W m}^{-2}$ .

Na transição seca/chuvosa, para o ano de 2002 a média foi de  $99,978 \pm 44,790 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo igual a  $416,184 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano de 2003 a média foi de  $126,587 \pm 55,951 \text{ W m}^{-2}$  e valor máximo igual a  $489,502 \text{ W m}^{-2}$ .

Para a transição chuvosa/seca, a média para o ano de 2002 foi de  $133,044 \pm 58,497 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo foi igual a  $511,304 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano de 2003 a média foi igual a  $136,498 \pm 59,116 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo igual a  $512,150 \text{ W m}^{-2}$ .

E para a estação chuvosa, onde os dados são apenas para o ano de 2002, a média foi de  $83,562 \pm 33,825 \text{ W m}^{-2}$  e o valor máximo foi igual a  $294,796 \text{ W m}^{-2}$ .

Quando os gráficos são divididos por estações, as menores médias para a radiação líquida são para a estação chuvosa, apesar do Sol estar na posição do solstício de verão, a incidência de nuvens nesta época do ano é maior, diminuindo dessa forma o valor médio da radiação líquida.

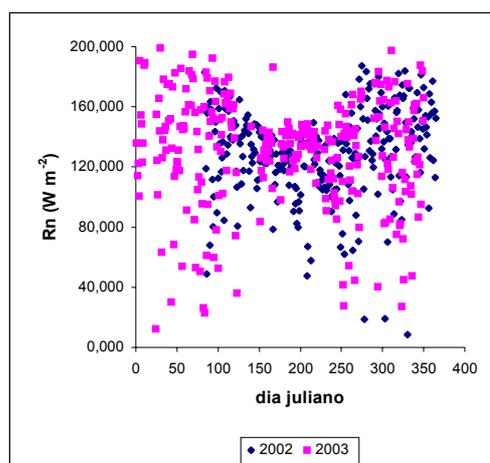


Figura 20: Gráfico da Média Diária da Radiação Líquida

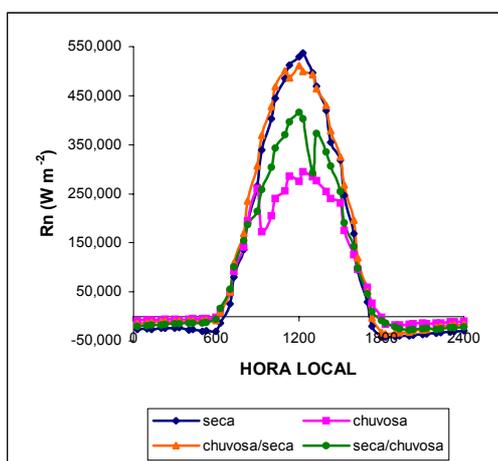


Figura 21: Dia Médio para a Radiação Líquida, por estações, para o ano de 2002

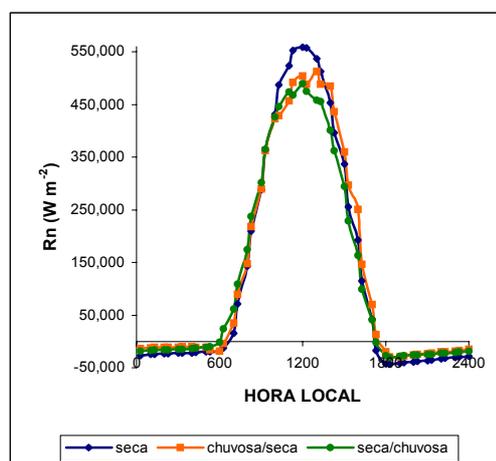


Figura 22: Dia Médio para a Radiação Líquida, por estações, para o ano de 2003

#### 4.2.5 $H/Le$

A figura 14 apresenta a média diária, para os anos de 2002 e 2003, da razão  $H/Le$ .

Para o ano de 2002, a média foi de  $0,758 \pm 0,075$ , ou seja, o valor verdadeiro está entre 0,683 e 0,833, com valor máximo igual a 2,959. E para 2003, a média foi de  $0,421 \pm 0,050$ , com valor verdadeiro entre 0,371 e 0,471, sendo o valor máximo igual a

1,998. Os valores encontrados estão dentro do intervalo de confiança sugerido por PEREIRA *et al* (1997).

Como em 2003 os valores foram menores indicando que maior parte da radiação líquida foi utilizada para a evaporação.

As figuras 24, 25, 26 e 27 apresentam os gráficos da razão de  $H/Le$ , comparando o reflorestamento com uma floresta de transição, com o dia médio, mas para o período diurno (6:00 às 18:00 horário local). Para a figura 15 (estação seca) e figura 16 (transição chuvosa/seca) os dados do reflorestamento são para os anos de 2002 e 2003, já a figura 17 (transição seca/chuvosa) e 18 (estação chuvosa) os dados do reflorestamento são do ano de 2002, os dados para a floresta em questão são do ano de 2002.

O reflorestamento na estação seca do ano de 2002, teve uma razão média de  $0,831 \pm 0,308$ . Em 2003, a média foi de  $0,414 \pm 0,042$  e para a floresta de transição a média foi de  $0,363 \pm 0,162$ . Analisando o ano de 2002 em relação a 2003, pode-se observar, que ocorreu como na média diária, o valor da razão  $H/Le$  foi menor, pois como a vegetação está maior é para se ter mais água armazenada para a evaporação. Mas analisando os valores obtidos para o reflorestamento nos anos de 2002 e 2003 e a floresta de transição, temos que para o ano de 2002, os valores do reflorestamento foram maiores do que a floresta de transição, mas para o ano de 2003, conforme a vegetação cresceu os valores estão compreendidos praticamente no mesmo intervalo.

Transição chuvosa/seca, para esta estação a média para o reflorestamento em 2002, foi de  $0,197 \pm 0,201$ . Para o reflorestamento no ano de 2003, a média foi de  $0,176 \pm 0,476$ . E para a floresta de transição a média foi de  $0,111 \pm 0,493$ . Para esta estação de transição, os valores estão compreendidos no mesmo intervalo, não havendo diferença entre si, está fato está relacionado à quantidade de água disponível, pois em ambos os locais (floresta de transição e reflorestamento o índice pluviométrico é o mesmo).

Para a estação chuvosa, a média do reflorestamento foi de  $0,366 \pm 0,117$ , para a floresta de transição a média foi de  $0,232 \pm 0,080$ , os valores para a floresta foram um pouco menores do que os do reflorestamento, e como o intervalo foi positivo, pode-se dizer que não houve inversão térmica para esta estação.

E para a estação de transição seca/chuvosa, a média do reflorestamento foi de  $0,599 \pm 0,313$  e para a floresta de transição a média foi de  $0,354 \pm 0,125$ . A média da floresta de transição foi a metade do reflorestamento.

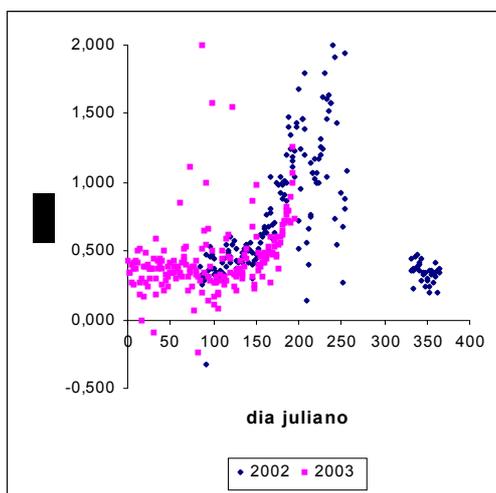


Figura 23: Gráfico da Média Diária de  $H/Le$

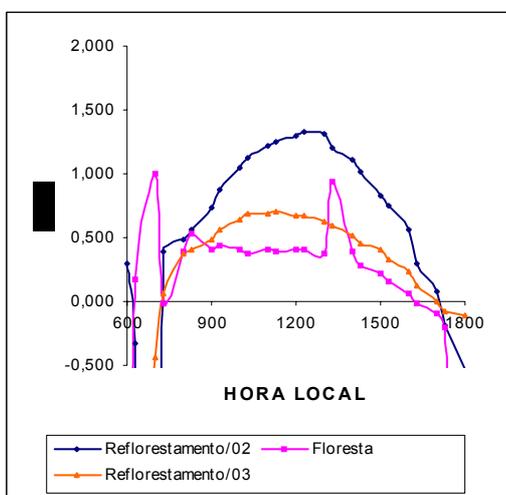


Figura 24: Gráfico de  $H/Le$  estação seca

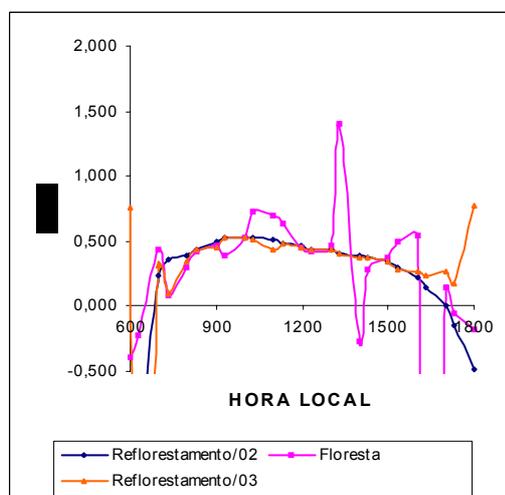
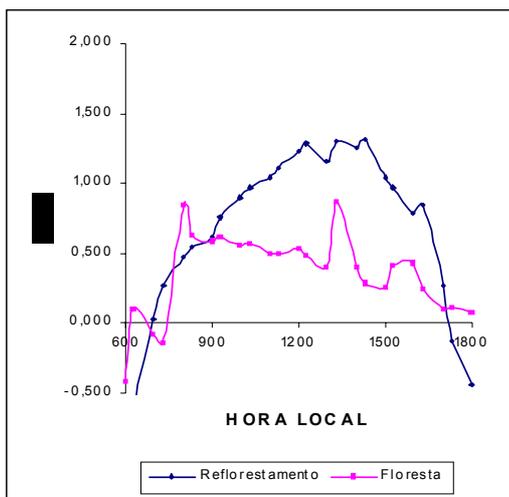


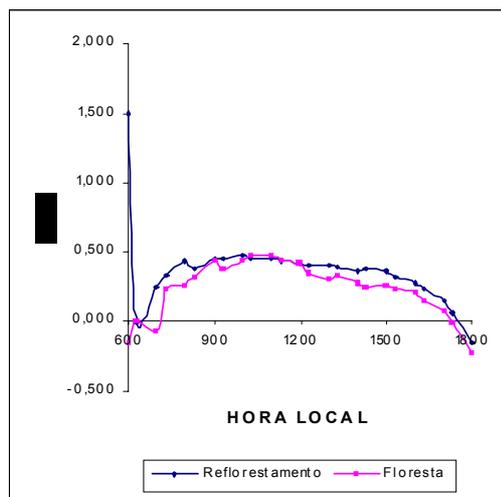
Figura 25: Gráfico de  $H/Le$  estação de transição chuvosa/seca

Figura 26:  $H/Le$  para o ano de 2002,

Figura 27:  $H/Le$  para o ano de 2002,



comparando a floresta com o reflorestamento, transição seca/chuvosa



comparando a floresta com o reflorestamento, estação chuvosa

#### 4.2.6 Fluxo de Calor no Solo

A figura 28 apresenta a média diária para o fluxo de calor no solo, para os anos de 2002 e 2003. No ano de 2002, a média foi de  $-0,503 \pm 0,407 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano de 2003 a média foi de  $-1,595 \pm 0,428 \text{ W m}^{-2}$ . Não dá para falar se os valores são iguais ou diferentes, pois os intervalos de dias são diferentes para os dois anos.

A figura 29 apresenta o fluxo de calor no solo, dividido por estações, para o ano de 2002 e a figura 30 para o ano de 2003, apesar da figura 30 representar a transição chuvosa/seca, esta representação são para apenas doze dias de dados.

Para a transição chuvosa/seca do ano de 2002, a média foi de  $-1,762 \pm 5,416 \text{ W m}^{-2}$  e para o ano de 2003 a média foi de  $-1,945 \pm 3,887 \text{ W m}^{-2}$ , a diferença das curvas observada nos gráficos se deve ao valor máximo que para 2002 foi de  $42,017 \text{ W m}^{-2}$  e em 2003 o valor máximo foi igual a  $23,545 \text{ W m}^{-2}$ , mesmo assim não pode-se dizer que foi menor devido ao curto intervalo de coleta, para representar toda uma estação.

Para a estação seca de 2002 a média foi de  $1,454 \pm 4,970 \text{ W m}^{-2}$ , na estação chuvosa a média foi de  $-4,001 \pm 3,851 \text{ W m}^{-2}$  e na transição seca/chuvosa  $-2,411 \pm 4,702 \text{ W m}^{-2}$ . A menor média, como na radiação líquida foi para a estação chuvosa, também devido à alta incidência de nuvens e às chuvas.

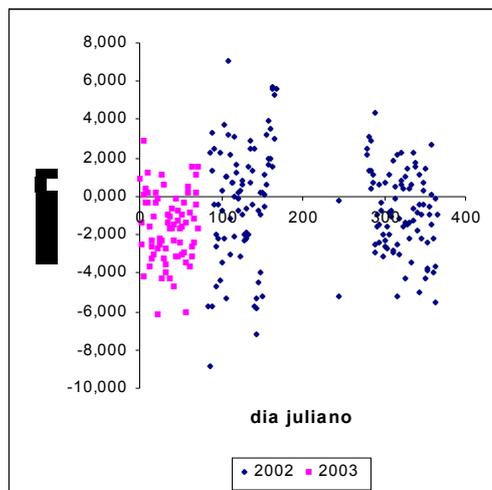


Figura 28: Gráfico da Média Diária do Fluxo de Calor no solo

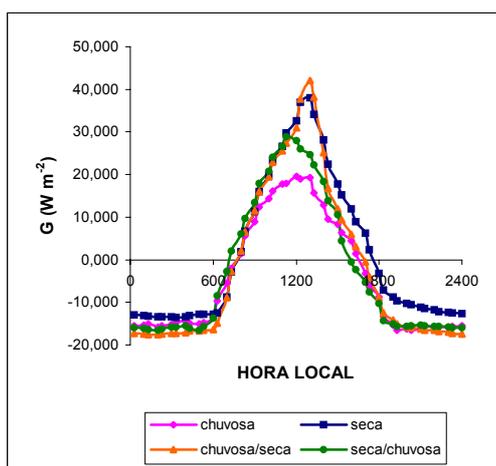


Figura 29: Dia Médio para o Fluxo de Calor no solo, por estações, para o ano de 2002

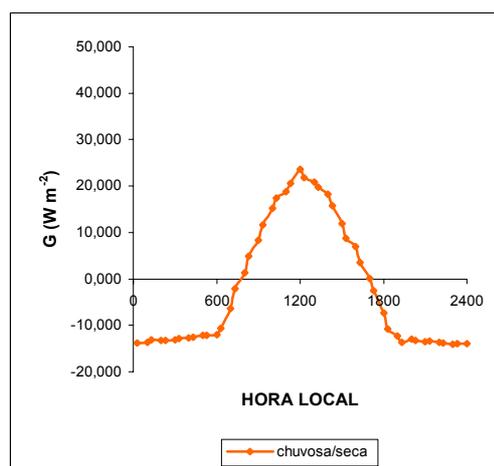


Figura 30: Dia Médio para o Fluxo de Calor no solo, por estações, para o ano de 2003

#### 4.2.7 Balanço de Energia

A figura 31 apresenta o balanço de energia para 2002 e a figura 32 para 2003, onde o fluxo de calor sensível somado ao calor latente é a variável dependente e a radiação líquida menos o fluxo de calor no solo é a variável independente, através da

regressão linear pode-se observar que o balanço de energia não foi fechado para o ano de 2002, já para 2003 ocorreu o contrário, o balanço de energia foi fechado.

O resultado para o não fechamento do balanço de energia sugere um processo de armazenamento de energia pela planta ou como para o ano de 2002 houve falhas no sistema de aquisição dos dados. O não fechamento do balanço de energia também pode estar relacionado às essas falhas.

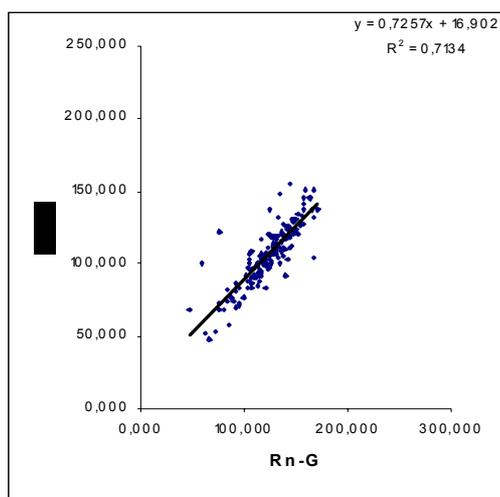


Figura 31: Balanço de Energia para 2002, com os valores das médias diárias

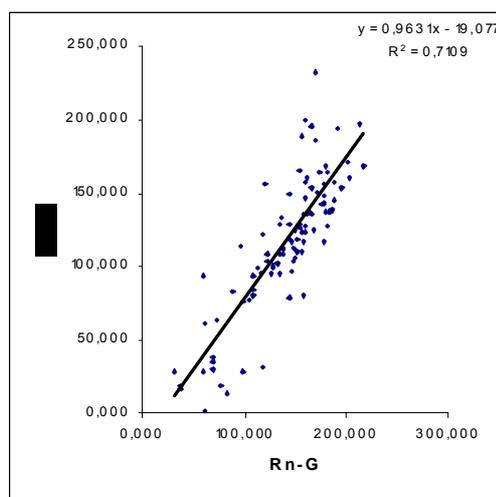


Figura 32: Balanço de Energia para 2003, com os valores das médias diárias

#### 4.2.8 Temperatura

A figura 33 apresenta o gráfico da temperatura média para os anos de 2002 e 2003, no ano de 2002 a média da temperatura foi de  $25,486 \pm 0,120^{\circ}\text{C}$ , com temperatura mínima de  $22,003^{\circ}\text{C}$  e máxima de  $27,714^{\circ}\text{C}$ . Para o ano de 2003 a média foi de  $24,922 \pm 0,189^{\circ}\text{C}$ , com temperatura mínima de  $12,220^{\circ}\text{C}$  e temperatura máxima igual a  $27,905^{\circ}\text{C}$ .

Para ambos os anos as menores temperaturas ocorreram na metade do ano e as mais altas no início e final do ano, a parte superior do gráfico, tem a mesma curva do gráfico da radiação líquida, também devido à posição da Terra em relação ao Sol.

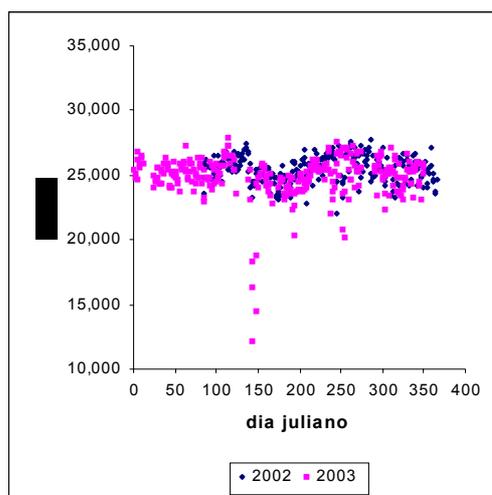


Figura 33: Gráfico da Média Diária da temperatura

#### 4.2.9 Umidade Relativa

A figura 34 apresenta a média diária para a Umidade Relativa para os anos de 2002 e 2003. No ano de 2002 a média foi de  $79,498 \pm 0,661\%$  e os valores oscilaram entre um mínimo de  $59,075\%$  e  $94,093\%$  e para 2003 a média foi de  $79,364 \pm 1,077\%$  com valores entre um mínimo de  $26,112\%$  e  $96,256\%$ .

A figura 35 apresenta o dia médio da Umidade Relativa, dividida por estações, para o ano de 2002 e a figura 36 para o ano de 2003.

Para a estação seca de 2002 a umidade relativa média foi de  $75,987 \pm 5,157\%$  e os valores estão compreendidos entre um mínimo de  $47,961\%$  e um máximo de  $94,515\%$  e para 2003 a média foi de  $71,598 \pm 5,530\%$  e o valor mínimo foi  $41,902\%$  e o máximo foi  $91,606\%$ .

Para a transição seca/chuvosa de 2002 a média foi de  $79,320 \pm 2,618\%$ , onde os valores oscilaram entre um mínimo de  $64,053\%$  e um máximo de  $90,591\%$  e para 2003 a média foi igual a  $79,481 \pm 3,619\%$  com os valores também oscilando entre o valor mínimo igual a  $59,395\%$  e um máximo de  $93,297\%$ .

A transição chuvosa/seca do ano de 2002 apresentou uma média de  $83,732 \pm 3,712\%$  um valor mínimo igual a  $62,914\%$  e um valor máximo igual a  $96,164\%$

e para o ano de 2003 a média para esta estação de transição foi de  $82,136 \pm 3,663$  e valores oscilando entre um mínimo de 62,392% e um máximo de 95,436%.

Para a estação chuvosa os dados são apenas para o ano de 2002, com um valor médio de  $82,285 \pm 3,663$  e valores entre um mínimo de 58,987% e um máximo de 94,881%. Para a estação chuvosa os valores são maiores à tarde, pois as chuvas geralmente ocorrem nesse período do dia.

Pelos dados de umidade relativa dos dois anos, por enquanto a vegetação não está influenciando na umidade relativa local, pois as médias estão compreendidas dentro de um mesmo intervalo.

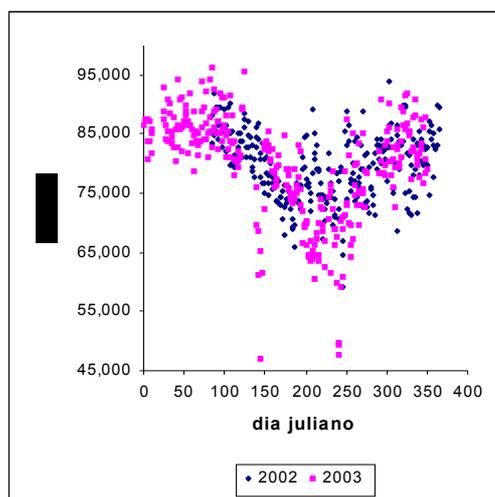


Figura 34: Gráfico da Média Diária da Umidade Relativa

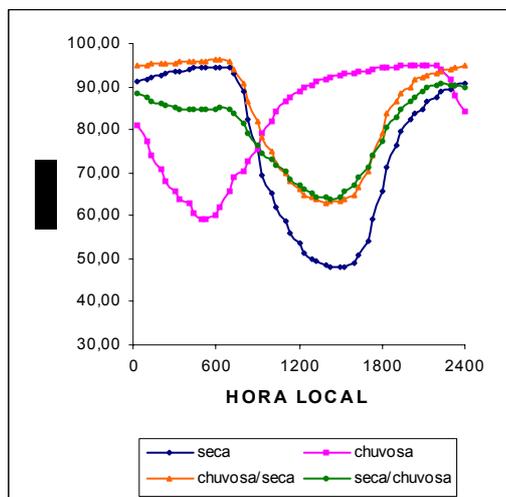


Figura 35: Dia Médio para a Umidade Relativa, por estações, para o ano de 2002

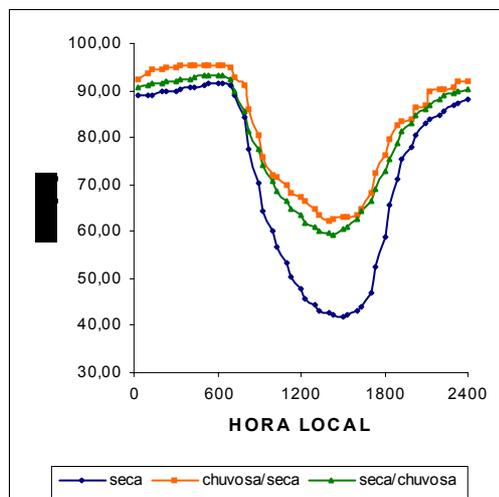


Figura 36: Dia Médio para a Umidade Relativa, por estações, para o ano de 2003

#### 4.2.10 Talhões – Fluxo de CO<sub>2</sub>

A figura 37 apresenta a concentração dos fluxos de calor sensível, calor latente e CO<sub>2</sub> na área de influência da Torre. Onde através da figura pode-se observar uma maior concentração no nordeste e leste da Torre.

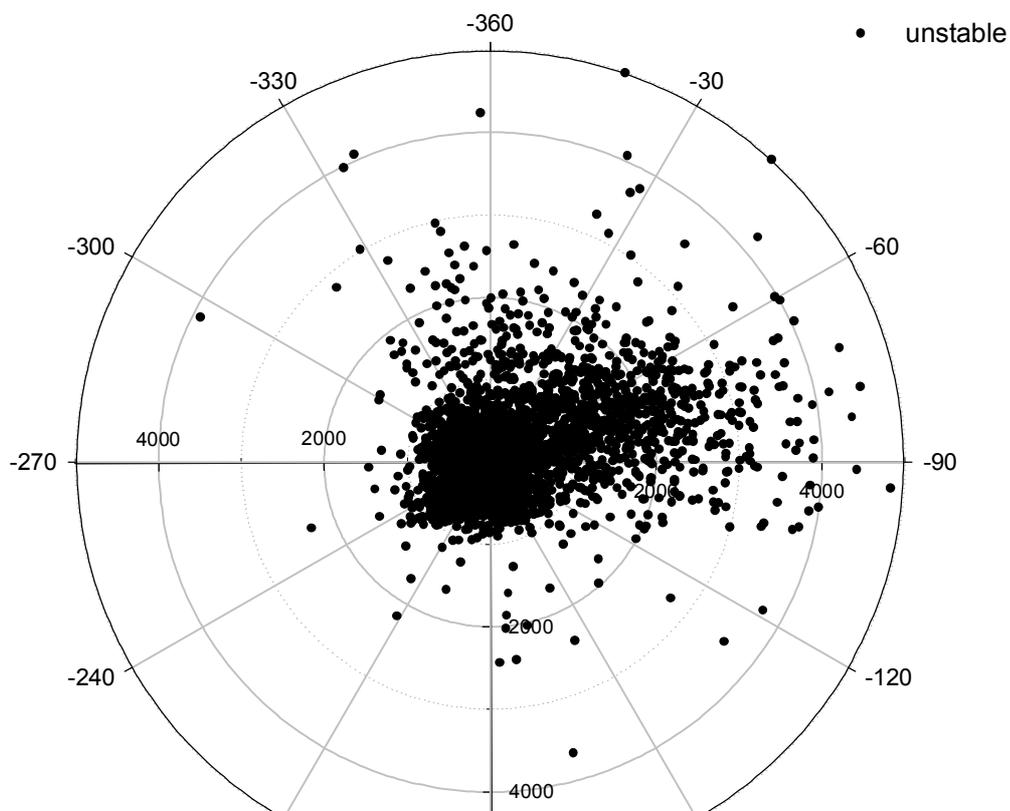


Figura 37: Área de atuação dos fluxos, através da direção do vento

Da figura 38 até a figura 51 apresentamos o fluxo de CO<sub>2</sub>, por estações, para os anos de 2002 e 2003 para as divisões dos talhões, conforme divisão feita em materiais e métodos.

Após análise dos dados foi construída a tabela 5 para melhor visualização dos dados.

Tabela 5: Fluxo de CO<sub>2</sub> nos talhões, divididos por estações

	<b>Seca 2002</b>	<b>Seca 2002</b>	<b>Seca/ Chuvosa 2002</b>	<b>Seca/ Chuvosa 2003</b>	<b>Chuvosa/ Seca 2002</b>	<b>Chuvosa/ Seca 2003</b>	<b>Chuvosa 2002</b>
<b>11C</b>	0,267±1,086	-0,650±1,518	1,311±1,671	0,955±1,035	-2,924±2,742	-1,652±4,059	-2,069±3,485
<b>11A</b>	-2,698±2,711	-3,495±2,314	1,545±2,327	1,149±2,441	-4,893±3,776	-5,755±4,420	-0,305±3,827
<b>11B</b>	-1,478±1,945	-2,487±4,303	2,879±2,718	0,371±1,662	-4,775±3,498	-1,055±3,445	-3,573±3,561
<b>14A</b>							
<b>14B</b>							
<b>13</b>	0,144±1,871	-2,202±1,804	2,266±1,228	0,498±0,879	-3,715±2,895	-3,277±3,359	-1,464±3,811
<b>10C</b>	0,440±0,819	17,454±29,109	1,449±1,398	0,395±2,306	-2,336±3,436	4,419±9,861	-2,674±5,168
<b>10A</b>	-0,607±0,983	-0,575±1,498	-0,804±2,522	0,725±1,123	-2,452±2,397	-3,896±3,812	-1,444±3,473
<b>10B</b>	-0,481±1,080	1,004±2,206	-0,205±1,483	-0,604±1,639	-0,986±2,662	-1,495±4,991	-1,790±3,303
<b>10D</b>							
<b>10E</b>							

Comparando entre os talhões, uma observação é feita para o talhão 10C, pois para ele de acordo com as figuras 46 e 47 pode-se observar que existem muitas interrupções, significando poucos dados, que está relacionado não apenas ao fato de ser o menor talhão, mas também de acordo com a figura 37 é o que sofre a menor influência da direção do vento. Por esse motivo não será discutido juntamente com os demais.

Estação seca 2002: para esta estação os talhões 11C e 13 se comportaram como fonte de CO<sub>2</sub>, enquanto que os demais se comportaram como sumidouro. Estação seca 2003: nesta estação apenas a divisão que compreende os talhões 11B, 10D e 10E se comportou como fonte de CO<sub>2</sub>.

Transição seca/chuvosa 2002: todos os talhões se comportaram como fonte de CO<sub>2</sub>.

Transição seca/chuvosa 2003: apenas a divisão que compreende os talhões 10B, 10D e 10E se comportou como sumidouro de CO<sub>2</sub>.

Transição chuvosa/seca 2002: todos os talhões se comportaram como sumidouro de CO<sub>2</sub>.

Transição chuvosa/seca 2003: todos os talhões se comportaram como sumidouro de CO<sub>2</sub>.

Estação chuvosa 2002: todos os talhões se comportaram como poço de CO<sub>2</sub>.

Dentre os talhões que se comportaram como sumidouro de CO<sub>2</sub> o que se apresentou mais efetivo nesta captura foi o talhão 11A. O que pode estar relacionado à duas questões, a primeira é que o talhão de acordo com as figuras 4 e 37 é o que apresenta a maior concentração dos fluxos e o outro é o de que a pastagem é mais eficiente do que a floresta na captura de CO<sub>2</sub>, pois este talhão foi plantado no final de 2002 e início de 2003, com um espaçamento menos adensado (6x3).

E o talhão que se mostrou menos efetivo na captura de CO<sub>2</sub> foi a divisão com os talhões 10B, 10D e 10E e de acordo com as figuras 4 e 37 é o que apresenta menor concentração dos fluxos.

Entre os talhões a maior variação é observada na transição chuvosa/seca, o valor mínimo é semelhante para todos os talhões, oscilando entre o menor valor que é -19  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para os talhões 10B, 10D, 10E em 2002 e -36  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o mesmo talhão citado anteriormente, mas para o ano de 2003.

Para a estação seca de 2002 é onde são observadas as maiores diferenças, com um valor de  $-4,177 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o talhão 11C e  $-35,040 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  para o talhão 11A, oscilando muito entre um valor e outro.

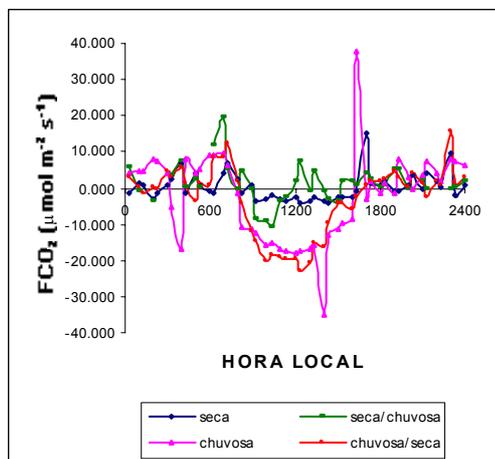


Figura 38: Dia Médio do Fluxo de  $\text{CO}_2$ , por estações, para o ano de 2002 (talhão 11C)

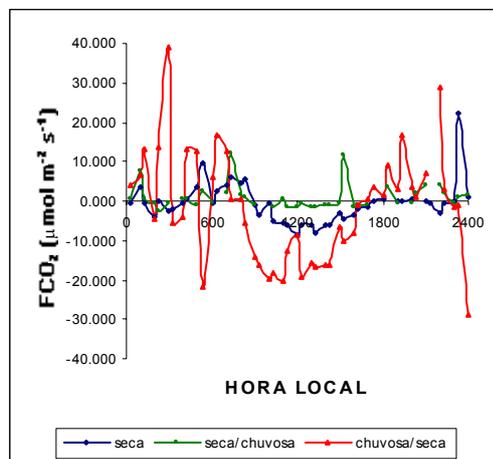


Figura 39: Dia Médio do Fluxo de  $\text{CO}_2$ , por estações, para o ano de 2003 (talhão 11C)

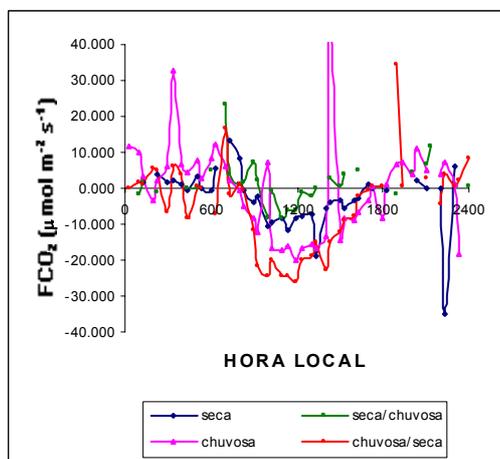


Figura 40: Dia Médio do Fluxo de  $\text{CO}_2$ , por estações, para o ano de 2002 (talhão 11A)

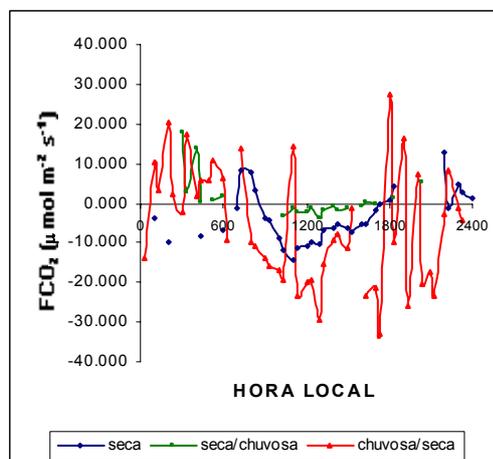


Figura 41: Dia Médio do Fluxo de  $\text{CO}_2$ , por estações, para o ano de 2003 (talhão 11A)

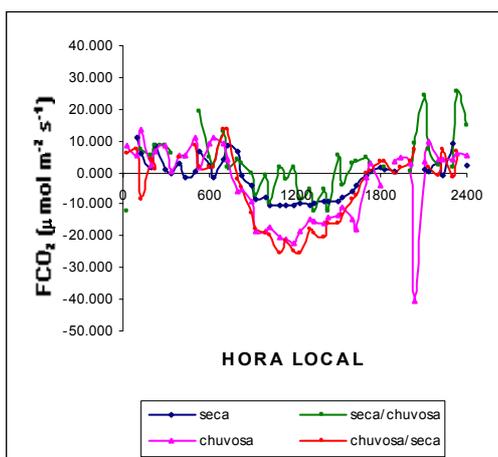


Figura 42: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2002  
(talhões 11B, 14A, 14B)

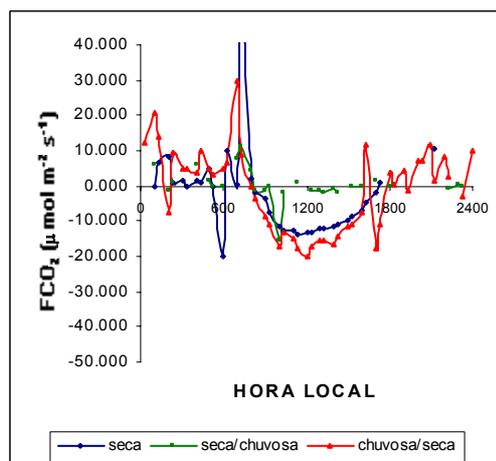


Figura 43: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2003  
(talhões 11B, 14A, 14B)

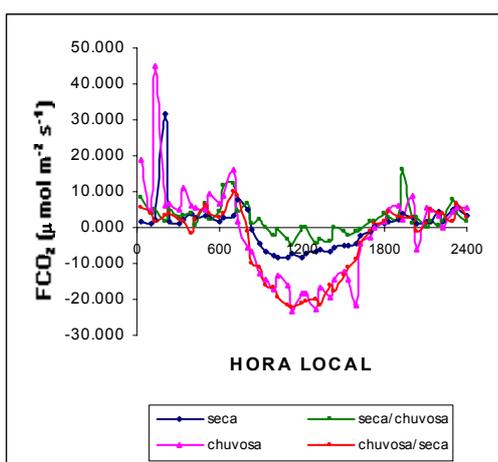


Figura 44: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2002  
(talhão 13)

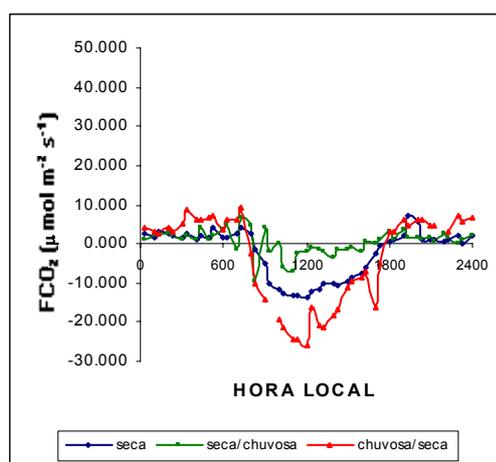


Figura 45: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2003  
(talhão 13)

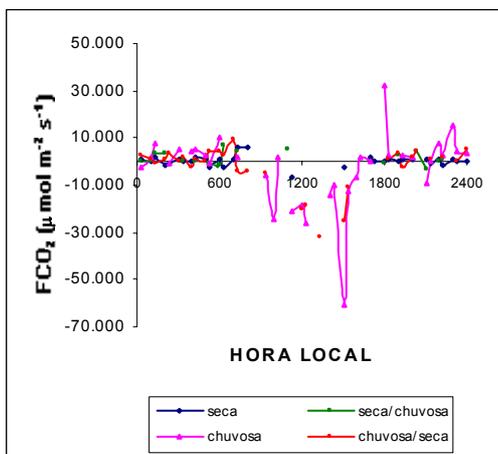


Figura 46: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2002  
(talhão 10C)

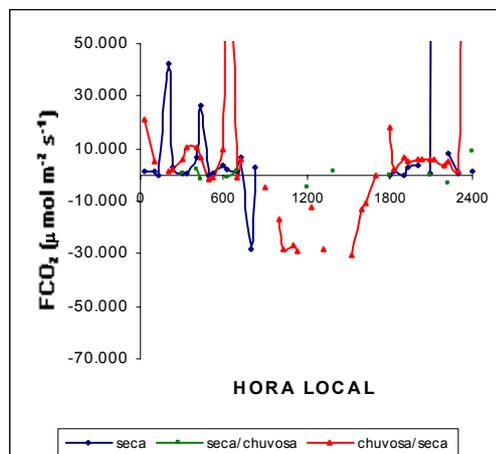


Figura 47: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2003  
(talhão 10C)

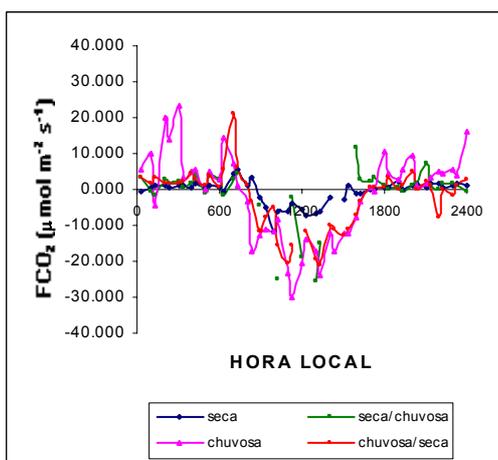


Figura 48: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2002  
(talhão 10A)

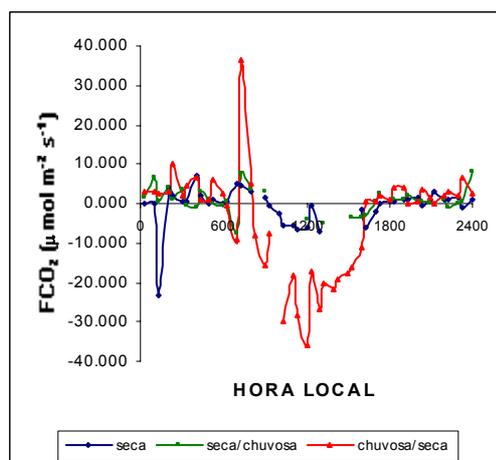


Figura 49: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2003  
(talhão 10A)

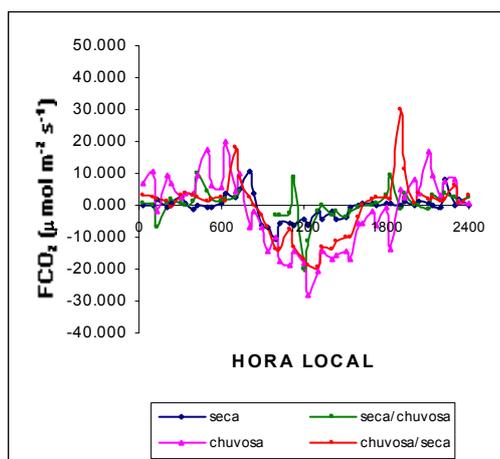


Figura 50: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2002  
(talhões 10B, 10D, 10E)

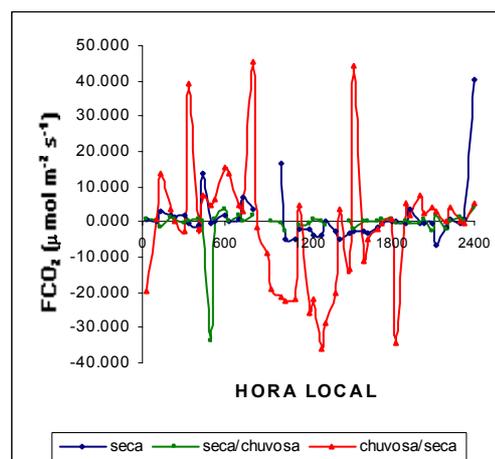


Figura 51: Dia Médio do Fluxo de CO<sub>2</sub>,  
por estações, para o ano de 2003  
(talhões 10B, 10D, 10E)

#### 4.2.11 Talhões – Fluxo de Calor Sensível

Das figuras 52 à 64 temos os gráficos do fluxo de calor sensível, divididos por estações, para os anos de 2002 e 2003 para as divisões dos talhões de acordo com a figura 4.

A mesma observação sobre o talhão 10C para o fluxo de CO<sub>2</sub> prossegue para o fluxo de calor sensível.

O talhão 10A é o que apresenta os maiores valores nas seguintes estações: aproximadamente 364 W m<sup>-2</sup> na estação seca de 2002, 398 W m<sup>-2</sup> estação seca de 2003, 393 W m<sup>-2</sup> na transição seca/chuvosa de 2003 e 171 W m<sup>-2</sup> na transição chuvosa/seca de 2003.

Para a estação seca de 2002 e 2003 os outros talhões não apresentam variação significativa no valor máximo.

O maior valor do fluxo de calor sensível encontrado foi no talhão 11C na estação seca/chuvosa de 2002, aproximadamente 407 W m<sup>-2</sup> e o menor fluxo encontrado também foi no talhão 11C 114 W m<sup>-2</sup> na estação chuvosa de 2002.

O talhão 11C pode sofrer tamanha variabilidade entre as estações por ser o talhão que de acordo com as figura 4 e 37, tem a maior concentração dos fluxos, representando o sistema como um todo.

E o talhão 13 é o que sofre menor variação de seus dados entre uma estação e outra, que pode ser porque na área de influência da torre de acordo com a figura 4, por ele passa um rio e na outra margem do rio está uma floresta nativa, também dentro do raio de influência da torre, sofrendo dessa forma menor variação da temperatura e conseqüentemente menor variação do fluxo de calor sensível.

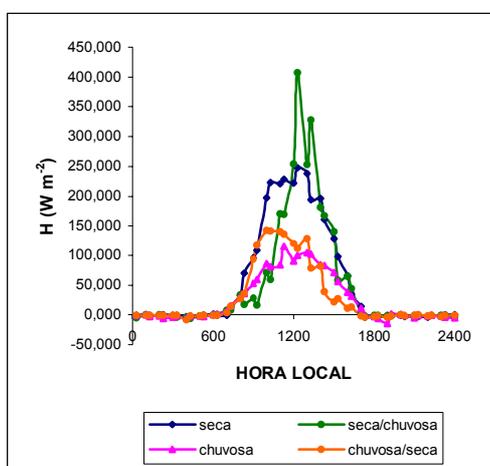


Figura 52: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 11C)

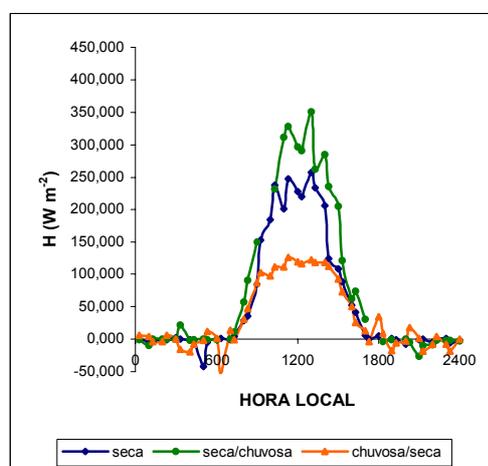


Figura 53: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 11C)

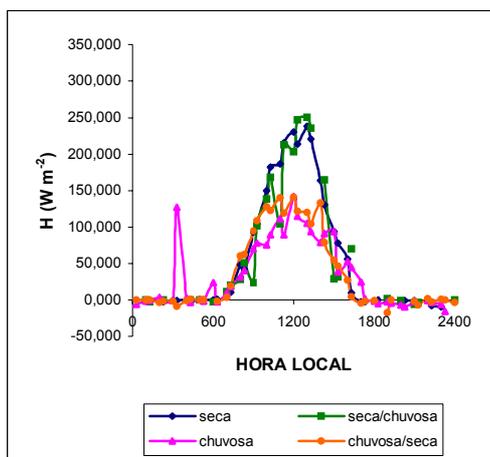


Figura 54: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 11A)

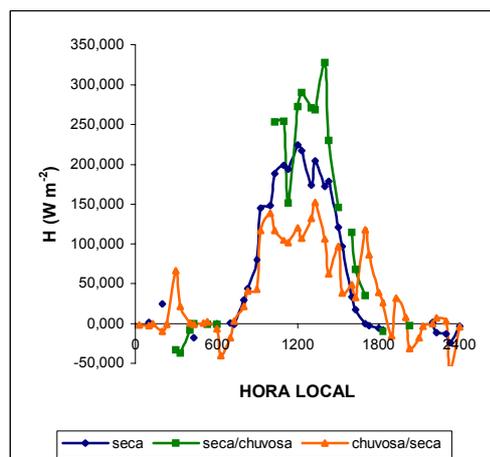


Figura 55: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 11A)

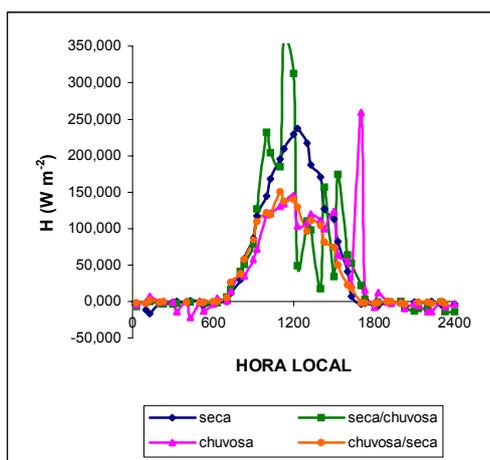


Figura 56: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhões 11B, 14A, 14B)

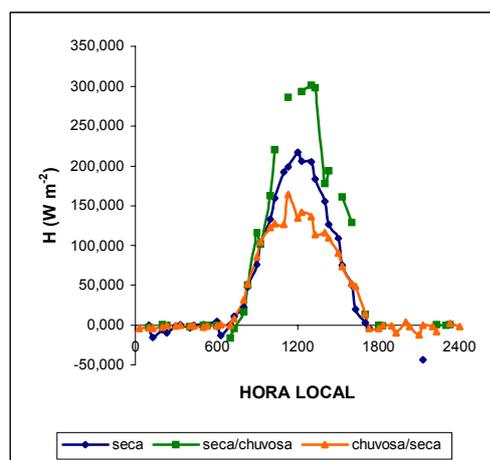


Figura 57: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhões 11B, 14A, 14B)

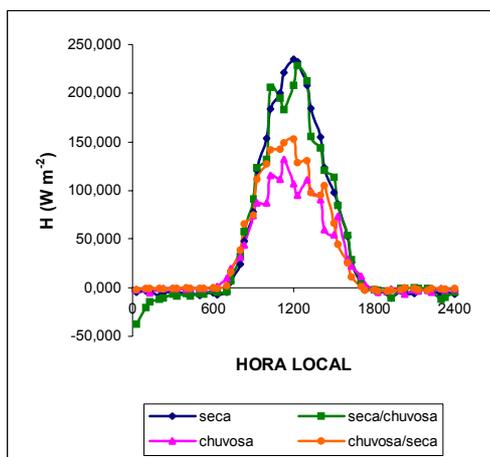


Figura 58: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 13)

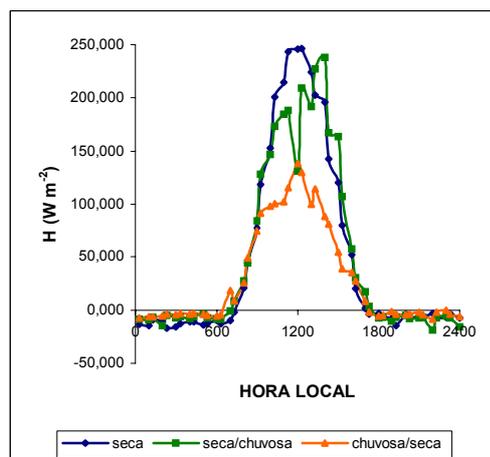


Figura 59: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 13)

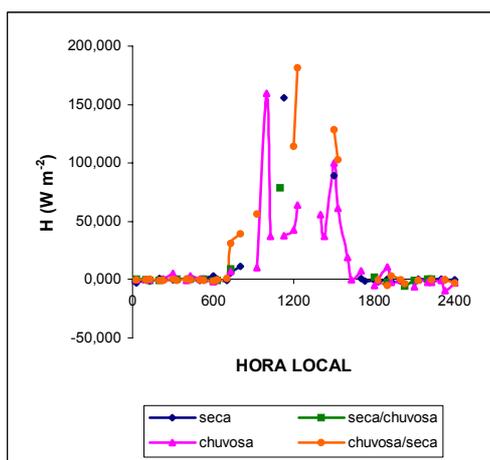


Figura 60: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 10C)

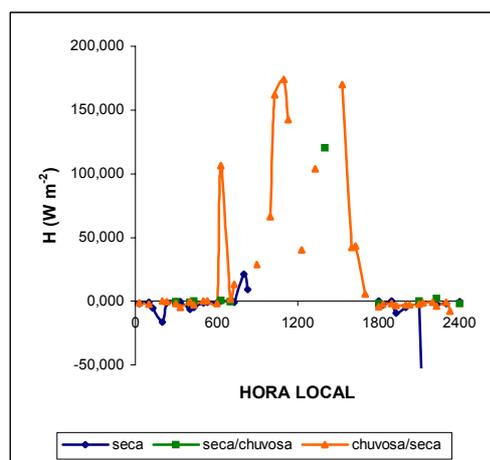


Figura 61: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 10C)

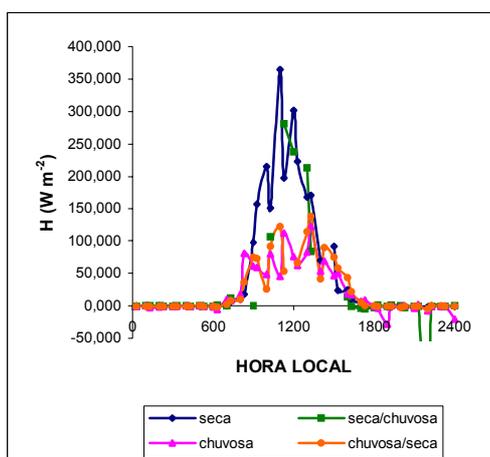


Figura 62: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhão 10A)

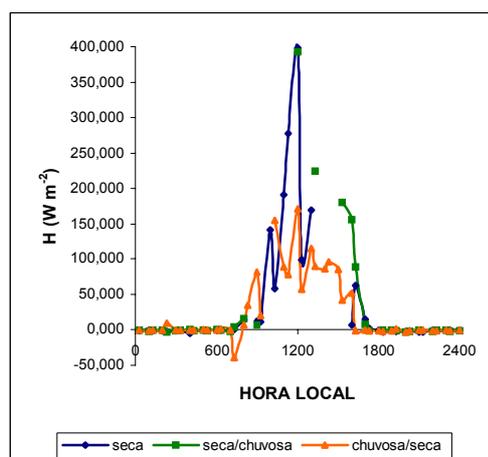


Figura 63: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2003 (talhão 10A)

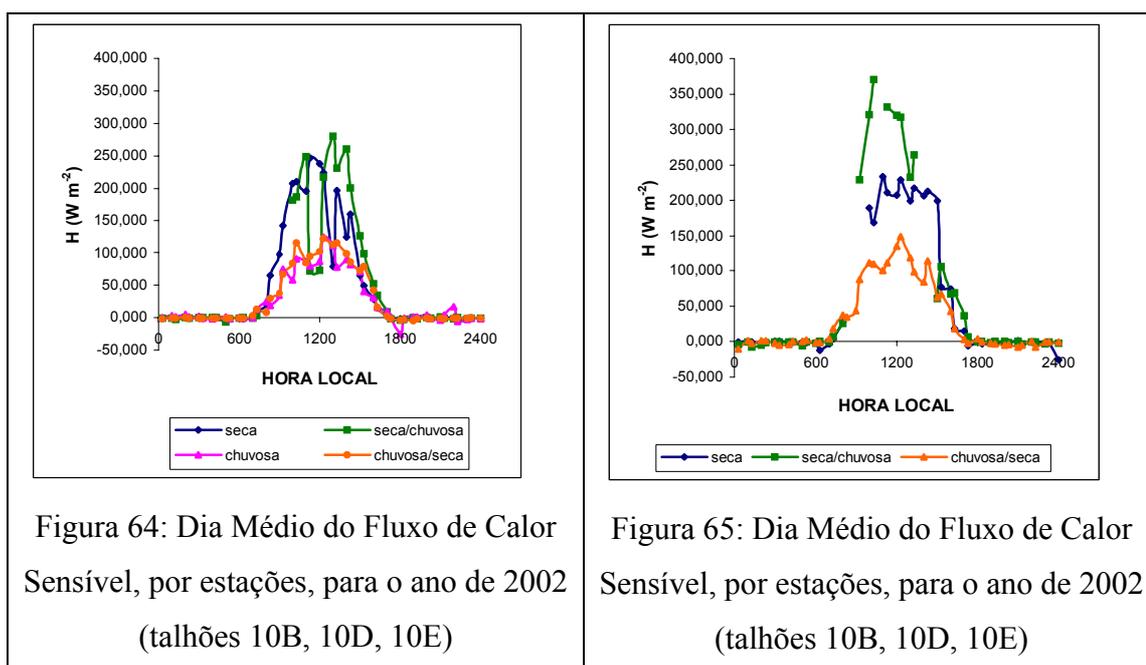


Figura 64: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhões 10B, 10D, 10E)

Figura 65: Dia Médio do Fluxo de Calor Sensível, por estações, para o ano de 2002 (talhões 10B, 10D, 10E)

#### 4.2.12 Talhões – Fluxo de Calor Latente

Da figura 66 à 79, temos os gráficos do fluxo de calor latente, dividido por estações, para o ano de 2002 e 2003, para as respectivas divisões dos talhões de acordo com a figura 4.

A mesma observação em relação ao talhão 10C permanece os dados são poucos para discussão e análise.

O talhão 10A foi o que apresentou os maiores valores para o fluxo de calor latente, sendo o maior de aproximadamente  $435 \text{ W m}^{-2}$  na estação de transição seca/chuvosa de 2002 e foi também o que apresentou o menor valor  $74 \text{ W m}^{-2}$  e para a mesma estação do ano de 2003.

Para a estação seca de 2002 os talhões 10B, 10D, 10E (que estão na mesma divisão), 11A e a divisão com o 11B, 14A e 14B apresentam valores semelhantes, em torno de  $200 \text{ W m}^{-2}$ , o 11C e 13 têm seu valor máximo em torno de  $150 \text{ W m}^{-2}$ .

Para a transição seca/chuvosa de 2002, com exceção do talhão 10A, os outros talhões estão com os valores semelhantes, não diferindo entre si.

O talhão 11C foi o que apresentou na estação chuvosa de 2002 o menor valor para o fluxo de calor sensível, também apresenta o menor valor para o fluxo de calor latente para a mesma estação.

O talhão 10A que apresentou o maior valor do fluxo de calor sensível para a estação seca de 2003, apresenta o menor valor do fluxo de calor sensível entre os demais para esta estação.

Enquanto que alguns talhões apresentaram valor máximo para uma estação, como é o caso do 10A que teve o maior valor para a estação seca de 2002 e o menor valor para a mesma estação do ano seguinte, que também ocorreu para a transição seca/chuvosa, não sofrendo variação na transição chuvosa/seca.

A divisão onde estão os talhões 10B, 10D e 10E foi a que sofreu menor variação entre as estações.

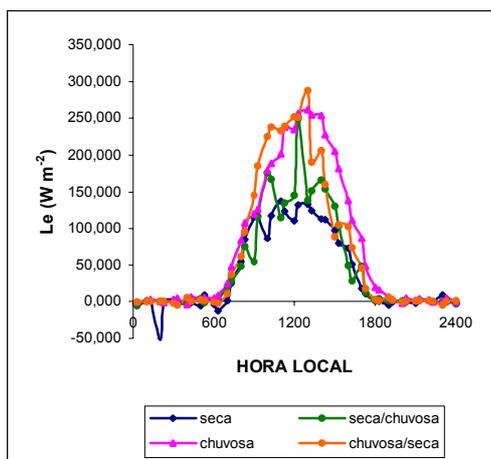


Figura 66: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 11C)

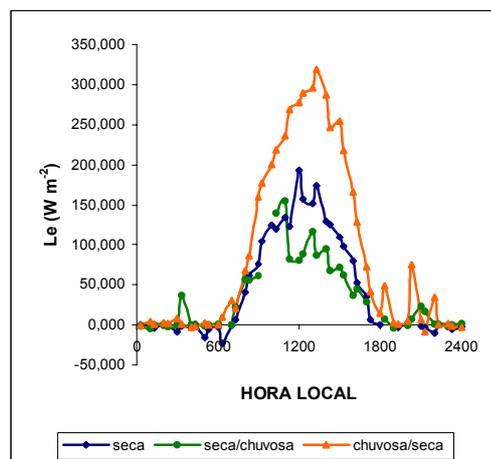


Figura 67: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 11C)

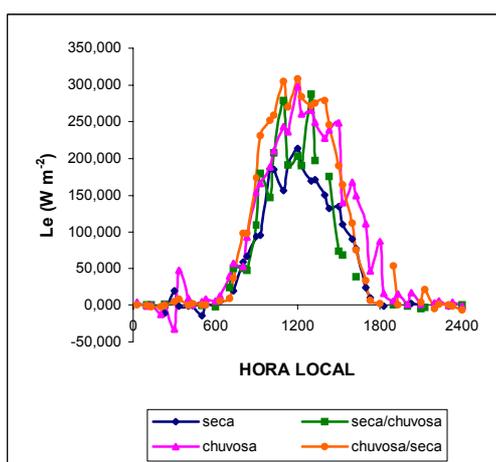


Figura 68: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 11A)

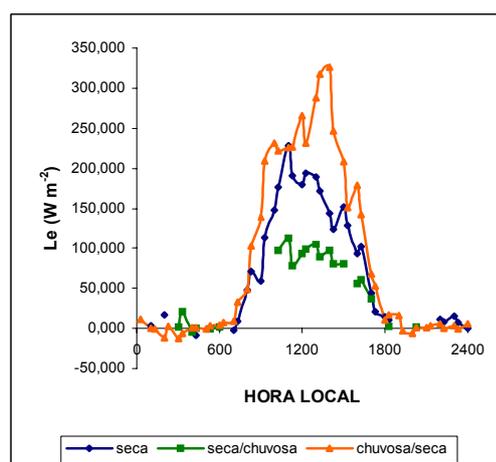


Figura 69: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 11A)

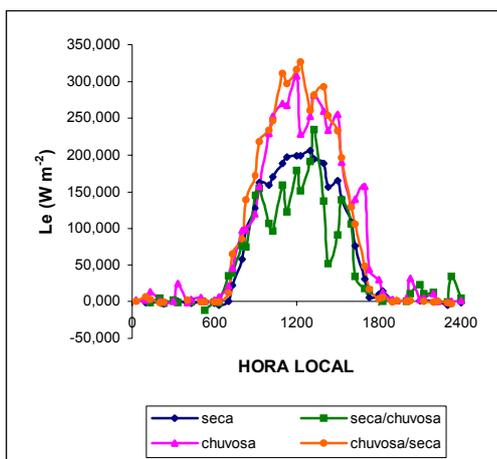


Figura 70: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhões 11B, 14A, 14B)

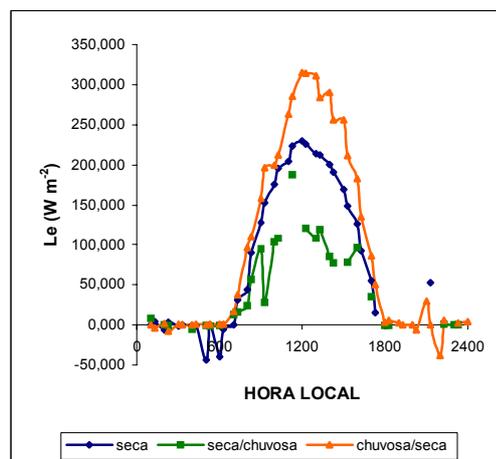


Figura 71: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhões 11B, 14A, 14B)

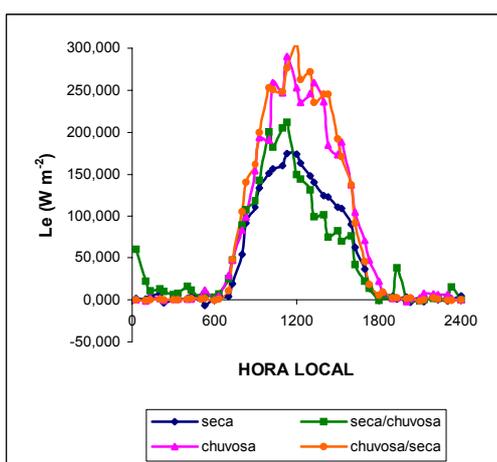


Figura 72: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 13)

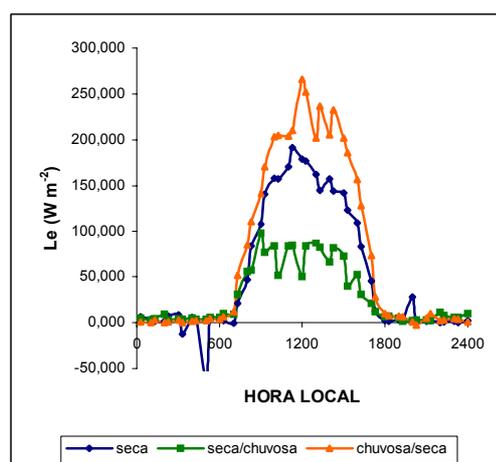


Figura 73: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 13)

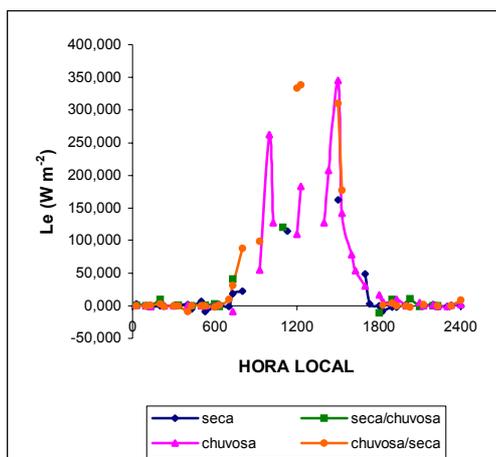


Figura 74: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 10C)

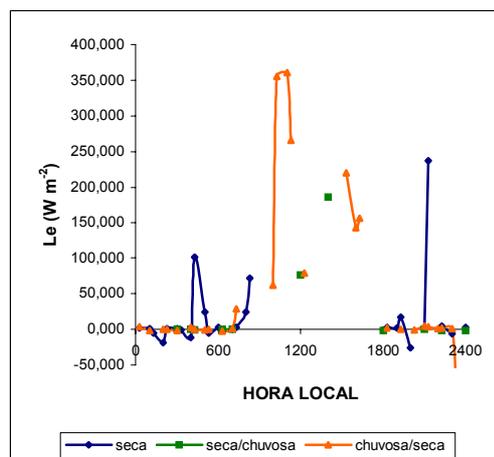


Figura 75: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 10C)

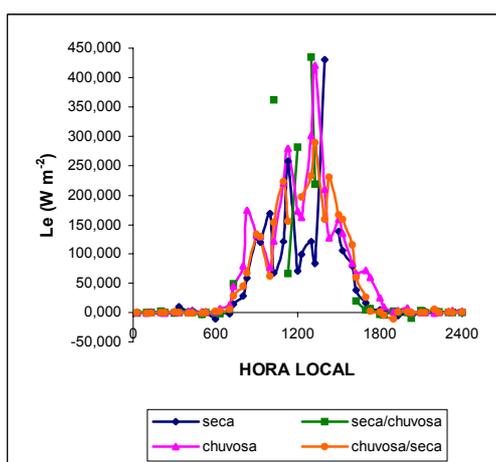


Figura 76: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhão 10A)

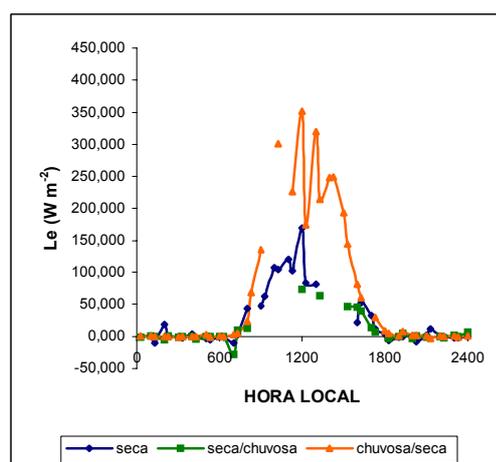


Figura 77: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhão 10A)

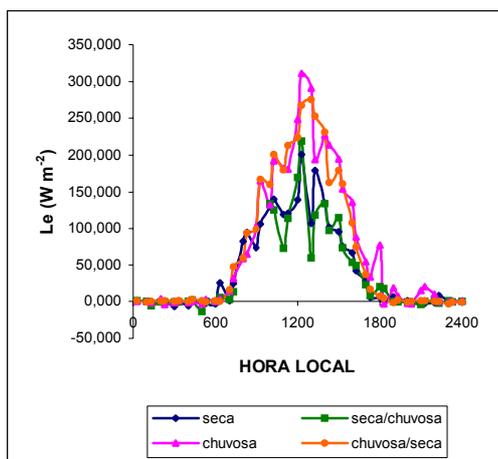


Figura 78: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2002 (talhões 10B, 10D, 10E)

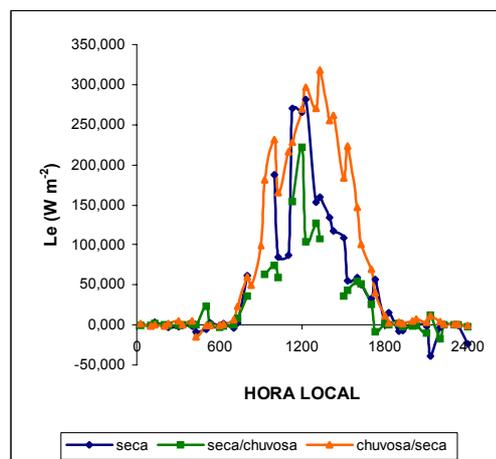


Figura 79: Dia Médio do Fluxo de Calor Latente, por estações, para o ano de 2003 (talhões 10B, 10D, 10E)

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

- Para a estação chuvosa não se pode afirmar se o reflorestamento foi poço ou fonte de CO<sub>2</sub>, enquanto que a floresta de transição se comportou como poço;
- Para a transição seca/chuvosa, ambos os ecossistemas são fonte de CO<sub>2</sub> e, para a estação seca, a floresta de transição está em equilíbrio enquanto que o reflorestamento é um poço de CO<sub>2</sub>;
- Comparando com uma floresta tropical em que os maiores picos para o fluxo de CO<sub>2</sub> são na estação chuvosa, para o reflorestamento, também ocorre na estação chuvosa e transição chuvosa/seca;
- Comparando os dados de 2002 com 2003, os dados diferem significativamente entre a estação seca de cada ano, para as outras estações os dados não diferem;
- O fluxo de CO<sub>2</sub>, na estação seca de 2003, teve como pico  $-18 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  o dobro do valor de 2002 que foi  $-9 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ , e também para a estação seca o reflorestamento está sendo mais efetivo na absorção de CO<sub>2</sub>;
- Para a radiação líquida que, na floresta de transição, na estação chuvosa ao meio-dia, teve seu pico em  $490 \text{ W m}^{-2}$ , o reflorestamento teve seu pico para esta estação em torno de  $250 \text{ W m}^{-2}$  e para a transição seca/chuvosa a floresta teve seu pico em torno de  $550 \text{ W m}^{-2}$ . O reflorestamento teve valor máximo em torno de  $350 \text{ W m}^{-2}$  em 2002 e  $450 \text{ W m}^{-2}$  em 2003.
- Para os valores da razão  $H/Le$  comparados entre o reflorestamento e a floresta de transição, para a estação seca, o valor para 2003 do reflorestamento foi menor do que em 2002, mas para ambos os anos a razão foi maior no reflorestamento do que na floresta. Para transição seca/chuvosa, os valores do reflorestamento são o dobro dos valores encontrados para a floresta. Para as outras estações os valores não diferiram, devendo-se levar em conta que, para estas estações (chuvosa e transição chuvosa/seca), a quantidade de chuva é a mesma nos dois locais;
- Para o fluxo de calor latente, nas estações seca e transição chuvosa/seca a floresta de transição teve seus valores compreendidos entre  $360$  e  $400 \text{ W m}^{-2}$  e,

para a transição seca/chuvosa e chuvosa, valores compreendidos entre 240 e 300  $W m^{-2}$ . Os valores para o reflorestamento no ano de 2002 foram menores do que a floresta, com valor máximo em torno de 250  $W m^{-2}$  para a chuvosa/seca e 150  $W m^{-2}$  para a estação seca, mas para 2003 os valores foram em torno de 300  $W m^{-2}$  para as duas estações, ou seja, conforme a vegetação vai crescendo o fluxo de calor latente vai se assemelhando ao de uma floresta. Para a transição seca/chuvosa e chuvosa os valores estão no mesmo intervalo.

Sugestões para estudos futuros:

- Estudar o comportamento das variáveis micrometeorológicas relacionados ao índice de área foliar;
- Através dos dados obtidos ao longo do tempo, trabalhar com modelagem matemática, podendo mais para frente comparar a simulação com os valores experimentais;
- Fazer estudos sobre a temperatura e umidade do solo, em função do crescimento da vegetação.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Decreto de 3 de julho de 2003. Estabelece plano de ação para a prevenção e controle do desmatamento na Amazônia Legal, Brasília, 2004.

CULF, A.D., ESTEVES, J.L., MARQUES FILHO, A. de O., DA ROCHA, H.R. Radiation, temperature and humidity over forest and pasture in Amazonia. Pages 175-192 in J. H. C. Gash, C. A. Nobre, J. M. Roberts and R. L. Victoria (eds), **Amazonian deforestation and climate**. J. M. Wiley and Sons, New York. 1996 in PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

DIXON, R.K., BROWN, S., HOUGHTON, R.A., SOLOMON, A.M., TREXLER, M.C., WISNIEWSKI, J. Carbon pools and flux of global forest ecosystems. **Science** v. 263: p. 185-190. 1994 in PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

FEARNSIDE, P.M. Global warming and tropical land use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition, and soils in forest conversion, shifting cultivation, and secondary vegetation. **Climatic Change** v. 46, p. 115-158. 2000 in

PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

FOLHA AMAZÔNICA. O que é o Ciclo do Carbono. Editora Gráfica Carimbex. Cachoeira Paulista: CPTEC/INPE, n. 06, novembro. 2001. 4p.

GARCIA, R. **Poço de carbono: Peugeot afasta práticas agressivas ao meio ambiente**. Folha do Meio Ambiente. Brasília ano 11. n.106 jul. 2001.

GASH, J.H., NOBRE, C.A., ROBERTS, J.M., and VICTORIA, R.L. **Amazonian deforestation and climate**. J. M. Wiley and Sons, New York. 1996 *in* J. H. C. Gash, C. A. 1996 *in* PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

HAYASHI, M. M. S. **Estudo sobre o balanço de energia em cultura de crotalária (*Crotalaria juncea L.*)**. 2001. 80 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, UFMT, Cuiabá, 2001.

HOUGHTON, J.T., DAVIDSON, E.A., WOODWELL, G.M. Missing sinks, feedbacks, and understanding the role of terrestrial ecosystems in the global carbon balance. **Global Biogeochemical Cycles** v. 12: p. 25-34. 1998 *in* PRIANTE FILHO,

N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

KRUG, T. 1º WORKSHOP SOBRE MECANISMO DE DESENVOLVIMENTO LIMPO E AS OPORTUNIDADES E DESAFIOS PARA O AGRONEGÓCIO BRASILEIRO. Jaguariúna, 2003. Disponível em: <http://www.embrapa.br/agrogases/download/ThelmaKrug.pdf>. Acesso em 19 jun. 2004.

LAURANCE, W.F. A crisis in the making: Responses of Amazonian forests to land use and climate change. **Trends in Ecology and Evolution** v. 13: p 411-415. 1998 *in* PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

LAURANCE, W.F.; LAURANCE, S.G., FERREIRA, L.V., RANKIN-DE-MERONA, J.M., GASCON, C., LOVEJOY, T.E. Biomass collapse in Amazonian Forest Fragments. **Science** v. 278: p.1117-1118. 1997 *in* PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional

tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

LENTINI, M.; VERÍSSIMO, A.; SOBRAL, L. **Fatos da Amazônia**. 1 ed. Belém: Imazon, 2003. 110p.

LEVINE, D. M., BERENSON, M. L., STEPHAN, D. **Estatística: Teoria e Aplicações** 1 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos, 2002. 805p.

MALHI, Y., NOBRE, A., GRACE, J., KRUIJT, B., PEREIRA, M. G. P., CULF, A., SCOTT, S. Carbon dioxide transfer over a central Amazonian rain forest. **Journal of Geophysical Research** 103, 31,593-31,612, dez 1998.

MANZI, A.O., PLANTON, S. Calibration of a GCM using ABRACOS and ARME data and simulation of Amazonian deforestation. Pages 505-530 in J. H. C. Gash, C. A. 1996 in PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

MCT/BNDES. Coordenação Geral de Mudanças Globais. **Efeito estufa e a convenção sobre mudança de clima**. Setembro. 1999. Disponível em: <<http://mct.gov.br/clima/quioto/bndes.htm>>. Acesso em: 19 jun. 04.

MIRANDA, E.J., PRIANTE FILHO, N., PRIANTE, P.C., CAMPELO JR, J.H., SULI, G.S., FRITZEN, C.L., VOURLITIS, G.L. Leaf and forest CO<sub>2</sub> exchange of a transitional tropical forest in southern Amazonia. **In revision to the Journal of Tropical Ecology**. in PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M.

S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

MORAN, E.F., BRONDIZIO, E., MAUSEL, P., WU, Y. Integrating Amazonian vegetation, land-use, and satellite data. **BioScience** v.44: p. 329-338. 1994 in PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

NEPSTAD, D.C., VERÍSSIMO, A., ALENCAR, A. *et al.* Large-scale impoverishment of Amazonian forests by logging and fire. **Nature** v. 398: 505-508. 1999 in PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

OKUNO, E.; CALDAS, I. L.; CHOW, C. **Física para ciencias biológicas e biomédicas**. São Paulo. Editora Harper & Row do Brasil, 1982. 490p.

OMETTO, J. C. **Bioclimatologia Vegetal**. 1 ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981. 440p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. **Evapo(transpi)ração**. 1 ed. Piracicaba: FEALQ, 1997. 183p.

PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**,v. 10, p. 863-876, 2004.

SCARPINELLA, G. D'A. **Reflorestamento no Brasil e protocolo de Quioto**. 2002. 180 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, USP, São Paulo, 2002.

SKOLE, D.L, TUCKER, C.J. Tropical deforestation and habitat fragmentation in the Amazon: Satellite data from 1978 to 1988. **Science** v.260: p.1905-1910. 1993. *in* PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.; RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**,v. 10, p. 863-876, 2004.

UHL, C., KAUFFMAN, J.B. Deforestation, fire susceptibility, and potential tree responses to fire in the eastern Amazon. **Ecology** v. 71, p. 437-449. 1990 *in* PRIANTE FILHO, N.; VOURLITIS, G.L.; HAYASHI, M. M. S.; NOGUEIRA, J. S., CAMPELO JÚNIOR, J. H.; NUNES, P. C.; SOUZA, L. S.; COUTO, E.G.; HOEGER, W.;

RAITER, F.; TRIENWEILER, J. L.; MIRANDA, E. J.; PRIANTE, P. C.; FRITZEN, C. L.; LACERDA, M.; PEREIRA, L.C.; BIUDES, M.S.; SULI, G. S.; SHIRAIWA, S.; PAULO, S.R.; SILVEIRA, M. Comparison of the mass and energy exchange of a pasture and a mature transitional tropical forest of the southern Amazon Basin during a seasonal transition. **Global Change Biology**, v. 10, p. 863-876, 2004.

VERMA, S.B. Micrometeorological methods for measuring surface fluxes of mass and energy. **Remote Sensing Reviews**. v. 5, p.99 – 115,. 1990.

VOURLITIS, G.L., PRIANTE FOLHO, N., HAYASHI, M.M.S., NOGUEIRA, J.S., CASEIRO, F.T., CAMPELO, JÚNIOR, J.H. Seasonal variations in the net ecosystem CO<sub>2</sub> exchange of a mature Amazonian tropical transitional forest (cerradão). **Functional Ecology** v. 15:p. 388-395. 2001.

VOURLITIS, G.L.; PRIANTE FILHO, N.; HAYASHI, M.M.S.; NOGUEIRA, J.S.; CASEIRO, F.T.; CAMPELO JÚNIOR, J. H. Seasonal variations in the evapotranspiration of a transitional tropical Forest of Mato Grosso, Brazil. **Water Resources Research**, v. 38, n. 6, p. 30-1 – 30-11, jun. 2002.

VOURLITIS, G. L., OECHEL, W. C., Landscape-scale CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O vapour and energy flux of moist-wet coastal tundra ecosystems over two growing seasons. **Journal of Ecology** .v. 85, p. 575-590, 1997.