

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM DIFERENTES BIOMAS BRASILEIROS

**RELATÓRIO FINAL DE PROJETO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
(PIBIC/CNPq/INPE)**



Gabriel Vieira Souza Moreira (FATEC, Bolsista PIBIC/CNPq)



Dr. Celso Von Randow (CCST/INPE, Orientador)

COLABORADORES

Emily Ane Dionizio da Silva (Bolsista CCST/INPE)

RESUMO

A eficiência do uso da água (water-use efficiency, WUE) traduz-se na razão entre a assimilação de carbono e a perda de água por transpiração de espécies vegetais (sendo um parâmetro que pode ser utilizado também para ecossistemas terrestres). Este conceito serve como uma importante medida de avaliação do uso da água pelas plantas e da resiliência dos tipos funcionais de plantas às variações na disponibilidade de água. Neste trabalho o modelo de superfície IBIS foi rodado para o período de 2007 a 2009, complementando um conjunto de dados já existente de 10 anos medidos na Amazônia. A primeira atividade teve como objetivo a preparação dos dados, com a criação de um Script em linguagem de programação Fortran 77, usando métodos de gap-filling, baseado em REICHSTEIN ET AL, 2005, para o preenchimento de dados das condições meteorológicas e de fluxo de carbono, que são utilizados como dados de entrada e de validação do modelo IBIS. Posteriormente o modelo foi rodado para simular a produção primária bruta (GPP) e evapotranspiração (ET) da floresta, e através da razão entre GPP e ET, foi calculada a EUA. Os resultados mostram que o modelo simula uma diminuição da EUA, na época seca (agosto a outubro) e são comparáveis com os dados simulados nos anos anteriores.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização dos sítios de pesquisa LBA na Floresta.....	6
Figura 2: Localização do sítio experimental LBA K34, em Cuieiras - AM e Foto da torre micrometeorológica - K34.	7
Figura 3: Diagrama de fluxo do algoritmo de preenchimento utilizado neste estudo	8
Figura 4: Estrutura básica do modelo IBIS com as características dos processos do modelo de ecossistema terrestre	13
Figura 5: Prudutividade Primária Bruta	15
Figura 6: Observações e simulações do modelo IBIS de troca líquida do ecossistema (NEE), para o sítio experimental K34.	16
Figura 7: Respiração do Ecossistema.....	17
Figura 8: Evapotranspiração	18
Figura 9: Eficiência do uso da Água.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS

NEE - Troca Líquida do Ecossistema (kg C m²)

GPP - Produção Primária Bruta (kg C m²)

Reco - Respiração do Ecossistema (kg C m²)

ET - Evapotranspiração (mm ou kg.m²)

EUA – Eficiência do uso da Água

IBIS - Simulador Integrado da Biosfera

LBA - Experimento de Larga Escala na Biosfera Atmosfera na Amazônia

SUMARIO

INTRODUÇÃO	1
2. Elementos teóricos.....	3
2.1. Linguagem de Programação FORTRAN	3
2.1.1. Histórico.....	3
2.1.2 Fortran 77.....	4
3. MATERIAIS E METODOS.....	5
3.1 Área de Estudo.....	5
3.1.1 Descrição do sitio experimental.....	5
3.2 Algoritmo de preenchimento de falhas	7
3.3 IBIS.....	13
4. Resultados e Discuções.....	14
5. CONCLUSÃO.....	21
REFERÊNCIAS	22

INTRODUÇÃO

A eficiência do uso da água - WUE (ou “water use efficiency”-EUA) representa a capacidade que a vegetação possui em assimilar carbono durante o processo de fotossíntese, enquanto limita as perdas de água através dos estômatos. Atualmente a maioria dos estudos sobre eficiência do uso da água tem sido realizada em culturas agrícolas, com poucos trabalhos voltados para ecossistemas florestais. No entanto, o desenvolvimento de técnicas micrometeorológicas para medição de fluxos de CO₂ e de vapor de água aumentou a confiabilidade nas estimativas das componentes do balanço de carbono e evapotranspiração, possibilitando tais estudos em vários tipos de ecossistemas.

O ecossistema Amazônico contempla a maior floresta tropical permanente do mundo (FUJISAKA ET AL., 1998), desempenhando um importante papel na regulação do clima regional e global. O padrão regional de precipitação dentro da Amazônia está ligado aos padrões de grande escala da evaporação da superfície da terra (ROCHA et al., 2004) e a sua redução é uma consequência das mudanças no balanço de energia e de água (FOLEY et al., 2003).

A coleta de dados das condições ambientais e das trocas turbulentas em torres micrometeorológicas de longo prazo fornece informações extremamente importantes para se estudar a interação entre a biosfera e o sistema climático. Porém, devido a inúmeros fatores como manutenção, calibração, falhas na alimentação e critérios de controle de qualidade, é comum a perda de dados. Para a utilização dos dados de torres de fluxo como forçantes em modelos computacionais da superfície terrestre, é importante que se faça um trabalho de preenchimento de falhas (‘gap-filling’). Sendo assim, uma primeira atividade desenvolvida neste trabalho de iniciação científica foi desenvolver um programa computacional (script) em linguagem de programação FORTRAN 77 para realizar o preenchimento de falhas de fluxo de carbono em um conjunto de dados tipicamente coletado em torres de fluxo, usando o método de M. REICHSTEIN et al. (1995). Posteriormente, foi utilizado o modelo de superfície terrestre IBIS (“Integrated Biosphere Simulator”) para se simular os fluxos de vapor de água e carbono em uma floresta tropical, extraindo-se desta forma a representação da eficiência do uso da água simulada pelo modelo.

Os objetivos gerais deste trabalho são desenvolver um script em linguagem Fortran 77, para o preenchimento de flahas nos dados observados da torre micrometeorologica K34, e avaliar a representação da produção primária bruta, evapotranspiração e eficiência do uso da água no período de 2007 a 2009, comparando aos resultados obtidos com dados coletados nos 3 anos anteriores.

2. Elementos teóricos

2.1. Linguagem de Programação FORTRAN

2.1.1. Histórico

A linguagem FORTRAN, a primeira linguagem de programação de alto nível, surgiu em 1956 e foi projetada e implementada para auxiliar os programadores na codificação de problemas técnicos científicos, cuja solução requer a utilização de computadores eletrônicos. No meio técnico-científico é a linguagem mais popular e difundida (M. E. HEHL, 1986)

Apesar da linguagem de programação Fortran (acrônimo FORmula TRANslation ter surgido na década de 50, ela ainda é a mais utilizada em programação científica (cálculo numérico), principalmente na física. Estima-se que mais de 90% de softwares utilizados nesse campo da Ciência está escrito em Fortran. O FORTRAN é verdadeiramente a primeira linguagem de programação de alto-nível concebida. Até então, a programação de computadores envolvia o uso de linguagens de baixo-nível, como a linguagem ASSEMBLY, ou mesmo o uso da linguagem de máquina. O FORTRAN possui uma sintaxe rígida e formato algébrico para simplificar seu uso com as fórmulas matemáticas. Devido ao fato do usuário da época ser potencialmente ligado a área científica no momento de sua gênese, esta linguagem foi destinada a aplicações também científicas, envolvendo extensas computações.

A primeira padronização do FORTRAN foi feita pela ASA—American Standard Association—em 1966. O segundo padrão americano surgiu em 1978, numa única norma (X3.9-1978) da ANSI—*American National Standards Institute*—sucessora da ASA, que fora transformada na *United States of America Standards Institute*, em 1966. Embora a norma seja de 1978, mas por analogia com o FORTRAN 66 (dois dígitos repetidos), este padrão é conhecido por FORTRAN 77 ou ainda FORTRAN ANSI 77.

2.1.2 Fortran 77

A linguagem foi modernizada a partir de 1970 e um novo padrão lançado em 1977, FORTRAN 77, introduzia algumas pequenas alterações na estrutura dos comandos, como o uso dos blocos IF, THEN e ELSE.

Uma característica marcante do FORTRAN 77 são as regras de alinhamento das linhas do programa, uma herança da era dos cartões perfurados. (CEREDA. R. D. e MALDONADO J. C., 1987) Originalmente, a sintaxe do FORTRAN 77 foi definida de forma que cada linha do programa fosse escrita em um cartão perfurado, com um caracter por coluna, obedecendo as seguintes regras:

- Coluna 1 - usada para indicar linha de comentário. Um caracter na coluna 1 (geralmente "C", "c" ou "**") indicava que todos os demais caracteres a partir da coluna 2 constituíam um comentário e não um comando ou declaração.
- Colunas 2-5 - reservadas para os "labels" das linhas (números inteiros entre 1 e 9999). Os labels são usados para identificar e referenciar linhas específicas do programa.
- Coluna 6 - quando marcada por um caracter, indicava que a linha era uma continuação da linha anterior.
- Colunas 7-72 - reservadas para os comandos e declarações.
- Colunas 73 em diante - reservadas para comentários.

As mesmas regras continuaram em vigor, mesmo depois dos cartões perfurados terem caído em desuso e os programas em FORTRAN 77 passarem a ser escritos diretamente em editores de texto

3. MATERIAIS E METODOS

3.1 Área de Estudo

A área em estudo é o bioma brasileiro da Amazônia, sendo que, foi utilizada uma área de reserva florestal pertencente ao programa LBA.

3.1.1 Descrição do sitio experimental

O sítio experimental do programa LBA (The Large Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazônia) K34 está localizado na Reserva Florestal de Cuieiras, no município de Manaus – AM. A Figura 3 ilustra todos os sítios experimentais pertencentes ao LBA.

O sítio encontra-se em uma área de platô, cerca de 60 km a noroeste de Manaus, em uma região de vegetação de floresta tropical primária não perturbada, bastante diversificada no aspecto florístico, cujo dossel alcança uma altura entre 30-40 m, com a ocorrência de cerca de 324 espécies e 174 gêneros por ha (Jardim & Hosokawa, 1986/87). Oliveira et al. (2002), realizaram recente inventário no platô do km 34, identificando apenas indivíduos com diâmetro à altura do peito (DAP) igual ou superior a 10 cm, tendo encontrado 670 indivíduos, distribuídos em 48 famílias, 133 gêneros e 245 espécies.

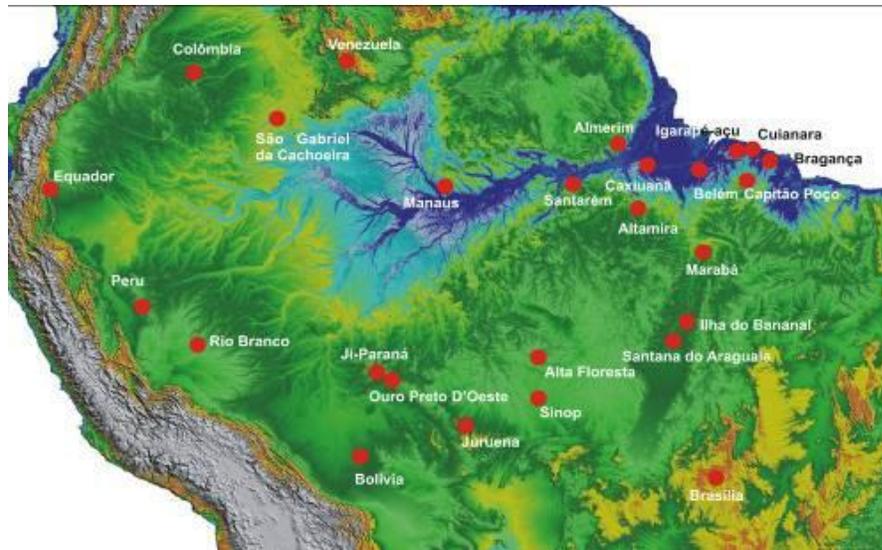


Figura 1: Localização dos sítios de pesquisa LBA na Floresta.
Fonte: Programa LBA (2008).

O clima da região é do tipo Af_i na classificação de Köppen, com temperatura média de 26 °C (mínima 19 °C e máxima 39 °C). A condição de baixa variação de temperatura é consequência do vapor d'água sempre alto na atmosfera: a umidade relativa do ar varia de 77 a 88 %, com média anual de 84 % (LEOPOLDO ET AL. 1987).

Na Reserva do Cuieiras, a interceptação da chuva pela floresta é de 25,6 % e a transpiração da floresta é de 48,5 %, produzindo, então, uma evapotranspiração de 74,1 %, com média diária de 4,1 mm/dia (LEOPOLDO ET AL. 1987). Quase não há evaporação do solo sob floresta intocada.

A torre micrometeorológica K34 possui cerca de 50m de altura, e está situada a uma altitude de 130m (Figura 4). O relevo na região é constituído por diversos platôs intercalados por vales onde aparecem vários igarapés, compondo uma rica rede de escoamento; o solo é do tipo latossolo amarelo álico, de textura argilosa, com boa drenagem (CHAUVEL, 1982).

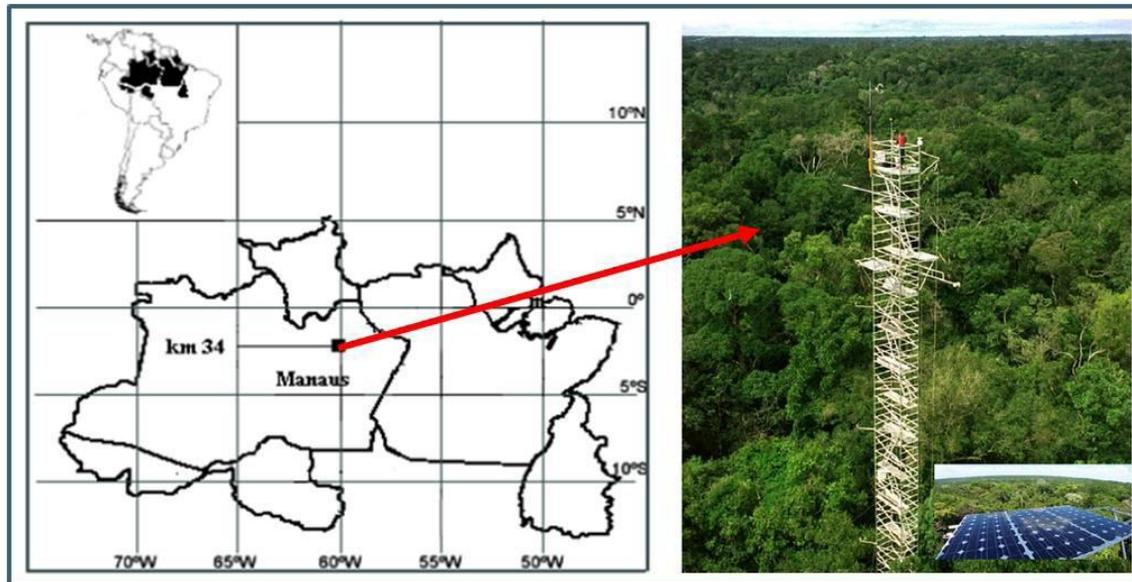


Figura 2: Localização do sítio experimental LBA K34, em Cuieiras - AM e Foto da torre micrometeorológica - K34.

Fonte: Adaptado Imbuzeiro (2005) e Programa LBA

3.2 Algoritmo de preenchimento de falhas

Foi criado um Script em linguagem Fortran77 para corrigir possíveis erros encontrados nos dados observados, obtidos pela torre micrometeorológica K34. Para a criação do Script para a correção dos dados foi usado como base o paper “*On the separation of net ecosystem exchange into assimilation and ecosystem respiration: review and improve algorithm*” de M. REICHSTEIN et al (1995).

Neste algoritmo, três condições diferentes são identificadas:

1. Apenas os dados de interesse direto que estão faltando, mais todos os dados meteorológicos disponíveis;
2. Quando há dados de temperatura do ar ou VPD estão faltando, e há dados de radiação é disponível
3. Quando está faltando dados de radiação.

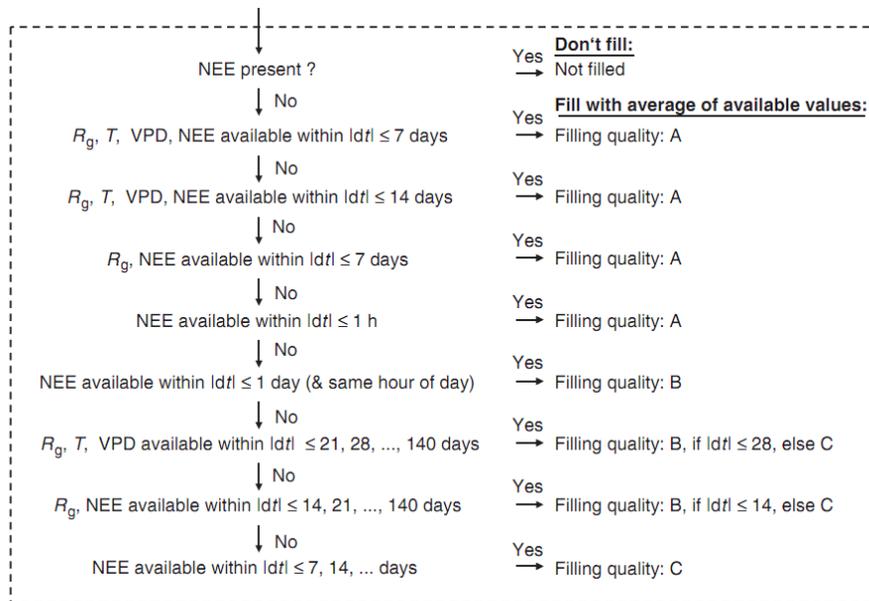


Figura 3: Diagrama de fluxo do algoritmo de preenchimento utilizado neste estudo
Fonte: M. REICHSTEIN et al. (1995)

No caso 1: o valor em falta é substituído pelo valor médio nas mesmas condições meteorológicas dentro de uma janela de tempo de sete dias. Condições meteorológicas são consideradas similares quando R_g (Radiação), e T_{air} (Temperatura do ar) VPD (Déficit de pressão de vapor) não varia mais de 50 Wm^{-2} , $2,5 \text{ C}$ e $5,0 \text{ hPa}$, respectivamente. Se não houver condições meteorológicas semelhantes presentes dentro da janela de tempo, a janela é aumentada em 14 dias.

No caso 2: a mesma abordagem é tomada, porem as condições meteorológicas semelhantes só podem ser definidas através da variação de R_g 50 Wm^{-2} assim o tamanho da janela não é aumentado.

No caso 3: o valor em falta é substituído pelo valor médio ao mesmo tempo do dia (1 hora. Neste caso, o tamanho da janela começa com 0,5 dias (ou seja, semelhante a uma interpolação linear a partir de dados disponíveis na hora adjacentes). Após essas etapas se o valor não for preenchido, o procedimento é repetido, aumentando o tamanho da janela até que o valor possa ser preenchido.

Após o preenchimento dos dados é feita uma classificação com base nos métodos usados:

Classificação A – Método 1

Classificação B – Método 2

Classificação C – Método 3

Segue abaixo o algoritmo feito apartir da descrição feita acima, utilizando a linguagem FORTRAN 77.

```
program Interpolacao

integer Vdia(17520), Vhora(17520), dia, hora
real Vnee(17520), Vrg(17520), Vt(17520), Vvpd(17520)
real nee, rg, t, vpd, nee_f

open(1,file='dados_2010.txt',status='old')
open(10,file='2010_completo.txt',status='unknown')

do i=1,17520,1
  read(1,*) dia, hora, nee, rg, t, vpd
  Vdia(i) = dia
  Vhora(i) = hora
  Vnee(i) = nee
  Vrg(i) = rg
  Vt(i) = t
  Vvpd(i) = vpd
end do

do i=1,17520
  if (Vnee(i).eq.9.999) then
    i_f = i+336
    i_i = i-336

    if (i_i.le.0) then
      i_i = 0
    end if
    if (i_f.ge.17520) then
      i_f = 17520
    end if

    rg_i = Vrg(i)-50
    rg_f = Vrg(i)+50
    t_i = Vt(i)-2.5
    t_f = Vt(i)+2.5
    vpd_i = Vvpd(i)-5
    vpd_f = Vvpd(i)+5

    do x=i_i,i_f,1
      if (vrg(x).ge.rg_i.and.vrg(x).le.rg_f.and.Vrg(x).ne.9.999)
& then
        if (Vt(x).ge.t_i.and.Vt(x).le.t_f.and.vt(x).ne.9.999)then
& if (Vvpd(x).ge.vpd_i.and.Vvpd(x).le.vpd_f.and.vvpd(x).ne.
& 9.999)then
          if (Vnee(x).eq.9.999) then
            Vnee(x) = 9.999
            cont_nee_z = cont_nee_z + 1
          end if
          tnee = tnee + vnee(x)
          cont_nee = cont_nee + 1
        end if
      end if
    end do
  end do
```

```

cont_nee_t = cont_nee - cont_nee_z
nee_f = cont_nee_z*9.999
sub_nee = (nee_f-tnee) / cont_nee_t

2  if (cont_nee_t.eq.0) then
    ii_f = i+672
    ii_i = i-672

    if (ii_i.le.0) then
        ii_i = 0
    end if
    if (ii_f.ge.17520) then
        ii_f = 17520
    end if

    rg_i = Vrg(i)-50
    rg_f = Vrg(i)+50
    t_i = Vt(i)-2.5
    t_f = Vt(i)+2.5
    vpd_i = Vvpd(i)-5
    vpd_f = Vvpd(i)+5

    do x=ii_i,ii_f,1
        if (vrg(x).ge.rg_i.and.vrg(x).le.rg_f.and.Vrg(x).ne.9.999)
&         then
            if (Vt(x).ge.t_i.and.Vt(x).le.t_f.and.vt(x).ne.9.999)then
&         if (Vvpd(x).ge.vpd_i.and.Vvpd(x).le.vpd_f.and.vvpd(x).ne.
&         9.999)then
                if (Vnee(x).eq.9.999) then
                    Vnee(x) = 9.999
                    cont_nee_z = cont_nee_z + 1
                end if
                tnee = tnee + vnee(x)
                cont_nee = cont_nee + 1
            end if
        end if
        end if
    end do
    cont_nee_t = cont_nee - cont_nee_z
    nee_f = cont_nee_z*9.999
    sub_nee = (nee_f-tnee) / cont_nee_t

    if (cont_nee_t.eq.0) then
        iii_f = i+336
        iii_i = i-336

        if (iii_i.le.0) then
            iii_i = 0
        end if
        if (iii_f.ge.17520) then
            iii_f = 17520
        end if

        rg_i = Vrg(i)-50
        rg_f = Vrg(i)+50

        do x=iii_i,iii_f,1
            if (vrg(x).ge.rg_i.and.vrg(x).le.rg_f.and.Vrg(x).ne.
&             9.999)then
                tnee = tnee + vnee(x)
                cont_nee = cont_nee + 1
            end if
        end do
        sub_nee = tnee / cont_nee_t
        tnee = 0
        cont_nee = 0
        cont_nee_z = 0

```

```

if (cont_nee_t.eq.0) then
  iii_i = i-2
  iii_f = i+2

  write(2,*) iii_i,iii_f

  if (iii_i.le.0) then
    iii_i = 0
  end if
  if (iii_f.ge.17520) then
    iii_f = 17520
  end if
  sub_nee = 0

  do x=iii_i,iii_f,1
    if (vnee(x).eq.9.999.and.vrg(x).eq.9.999.and.Vt(x)
      & .eq.9.999.and.Vvpd(x).eq.9.999) then
      write(2,*) "todos sao 9.999"
      cont_nee_z = cont_nee_z + 1
      tnee_z = tnee_z + vnee(x)
    else
      tnee = tnee + vnee(x)
      cont_nee = cont_nee + 1
    end if
  end do

  tneeX = tnee_z - tnee
  sub_nee = tneeX/cont_nee

  tnee = 0
  cont_nee_z = 0
  cont_nee = 0

  write(10,15)Vdia(i),vhora(i),sub_nee!,vrg(i),vt(i),vvpd(i)
  cont_nee_t = 0
  sub_nee = 0
  go to 100
end if

  tnee = 0
  cont_nee_z = 0
  cont_nee = 0

  write(10,15)Vdia(i),vhora(i),sub_nee!,vrg(i),vt(i),vvpd(i)
  cont_nee_t = 0
  go to 100
end if

  tnee = 0
  cont_nee_z = 0
  cont_nee = 0

  write(10,15)Vdia(i),vhora(i),sub_nee!,vrg(i),vt(i),vvpd(i)
  cont_nee_t = 0
  go to 100
end if

  tnee = 0
  cont_nee_z = 0
  cont_nee = 0

  write(10,15)Vdia(i),vhora(i),sub_nee!,vrg(i),vt(i),vvpd(i)
  cont_nee_t = 0
else
  write(10,15)Vdia(i),vhora(i),vnee(i!),vrg(i),vt(i),vvpd(i)
end if
100 continue
  sub_nee = 0
end do

```

```
close(1)
close(10)

15 format(1x,i3,2x,i4,2x,f8.3,2x,f8.3,2x,f8.3,2x,f8.3)
40 format(f8.3,1x,f8.3,1x,f8.3,1x,f8.4)
50 format(f5.1,1x,f8.3)
60 format(f8.3)
end
```

3.3 IBIS

O modelo de biosfera terrestre IBIS foi utilizado para simulações da produtividade primária líquida (NPP) e da evapotranspiração (ET). O IBIS simula os processos da superfície terrestre (trocas de energia, água e momentum entre o solo, a vegetação e a atmosfera), fisiologia do dossel (fotossíntese e condutância do dossel), fenologia da vegetação (produção de folhas e senescência), vegetação dinâmica (distribuição, reciclagem e competição entre os tipos de vegetação) e balanço de carbono terrestre (produção primária líquida, reciclagem do tecido vegetal, carbono no solo e decomposição da matéria orgânica) (KUCHARIK et al, 2000).

O modelo segue uma hierarquia conceitual e inclui submodelos (ou módulos) organizados de acordo com a escala temporal: processos de superfície (transferência de energia, água, carbono e momentum), biogeoquímica do solo (ciclo do nitrogênio e do carbono), dinâmica da vegetação (competição das plantas por luz, água e nutrientes), fenologia (baseada no desenvolvimento medido por graus-dia) (COSTA, 2009). Uma representação da estrutura do modelo e de seus diversos módulos é apresentada na Figura 5.

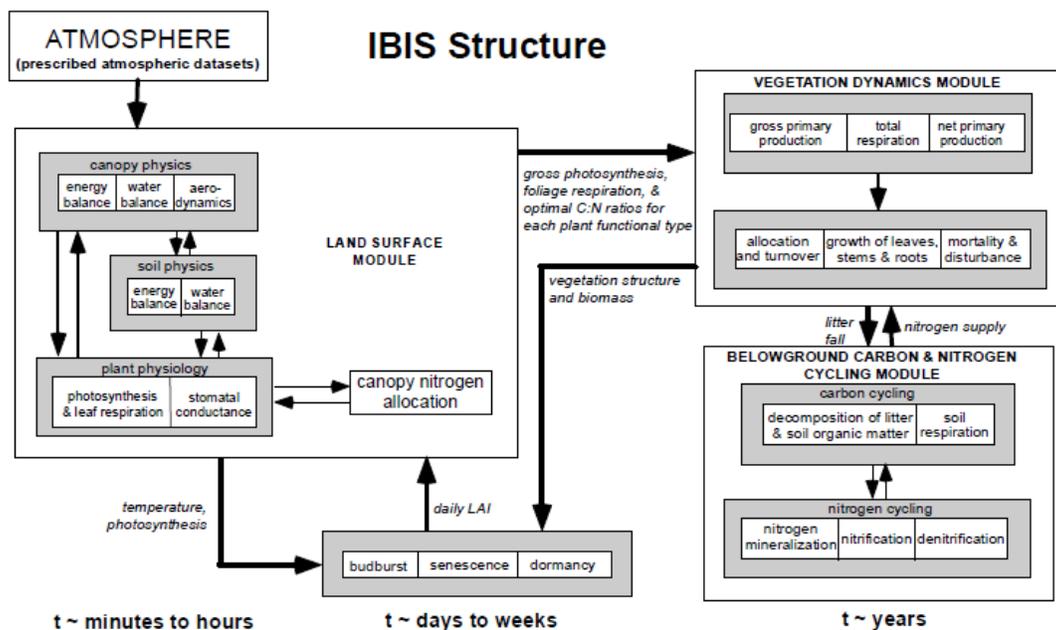


Figura 4: Estrutura básica do modelo IBIS com as características dos processos do modelo de ecossistema terrestre
Fonte: Foley, (1996).

4. Resultados e Discussões

As Figuras 5, 6,7 e 8 abaixo representam os resultados simulados mensais dos anos de 2007 a 2009, comparados aos dados observados. Para tal, o modelo IBIS foi executado em 2 modos: 1- Estático e 2- Dinâmico.

Estático: Considera uma vegetação estática, na qual a fenologia da vegetação é mantida fixa, sem ser influenciada pelas condições ambientais.

Dinâmico: Considera a vegetação dinâmica, onde o índice de área foliar, a altura dos tipos funcionais de plantas e outras características fenológicas vegetação são calculadas diariamente modelo, ou seja, a vegetação responde às alterações do meio.

GPP(gC/m²)

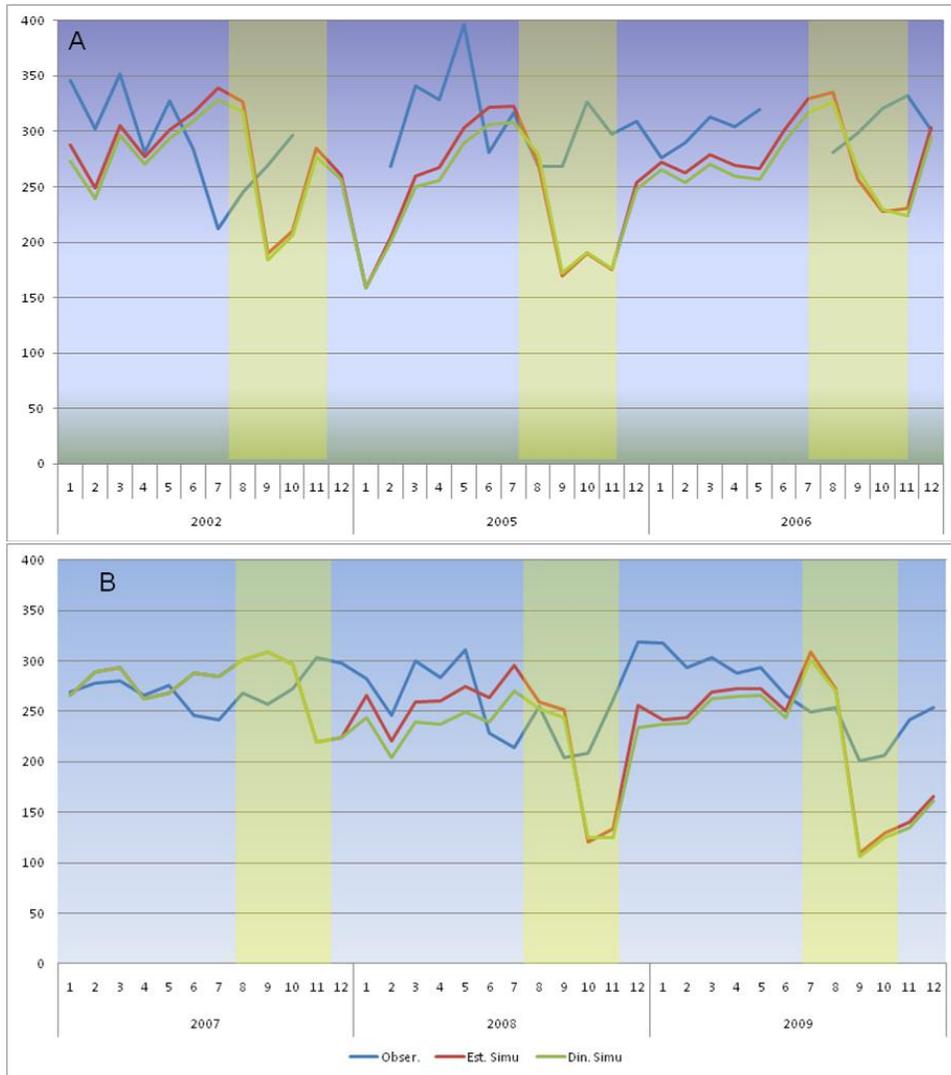


Figura 5: Prudutividade Primária Bruta

Assim como constatado pelas simulações anteriores, descritas por SILVA, (2010), os resultados mensais simulados divergem dos dados observados, constatando uma dificuldade do modelo em representar os possíveis efeitos de estresse hídrico na floresta durante a estação seca, na Figura 5, os dados de produtividade primária bruta (GPP) simulados sofrem fortes quedas no período de seca (julho- novembro) chegando a atingir valores de 120 gC/m², enquanto os valores observados atingem no período de estiagem o mínimo de 200gC/m². Essa dificuldade em simular a GPP também interferiu nos valores de NEE, ilustrados na Figura 6.

NEE(gC/m²)

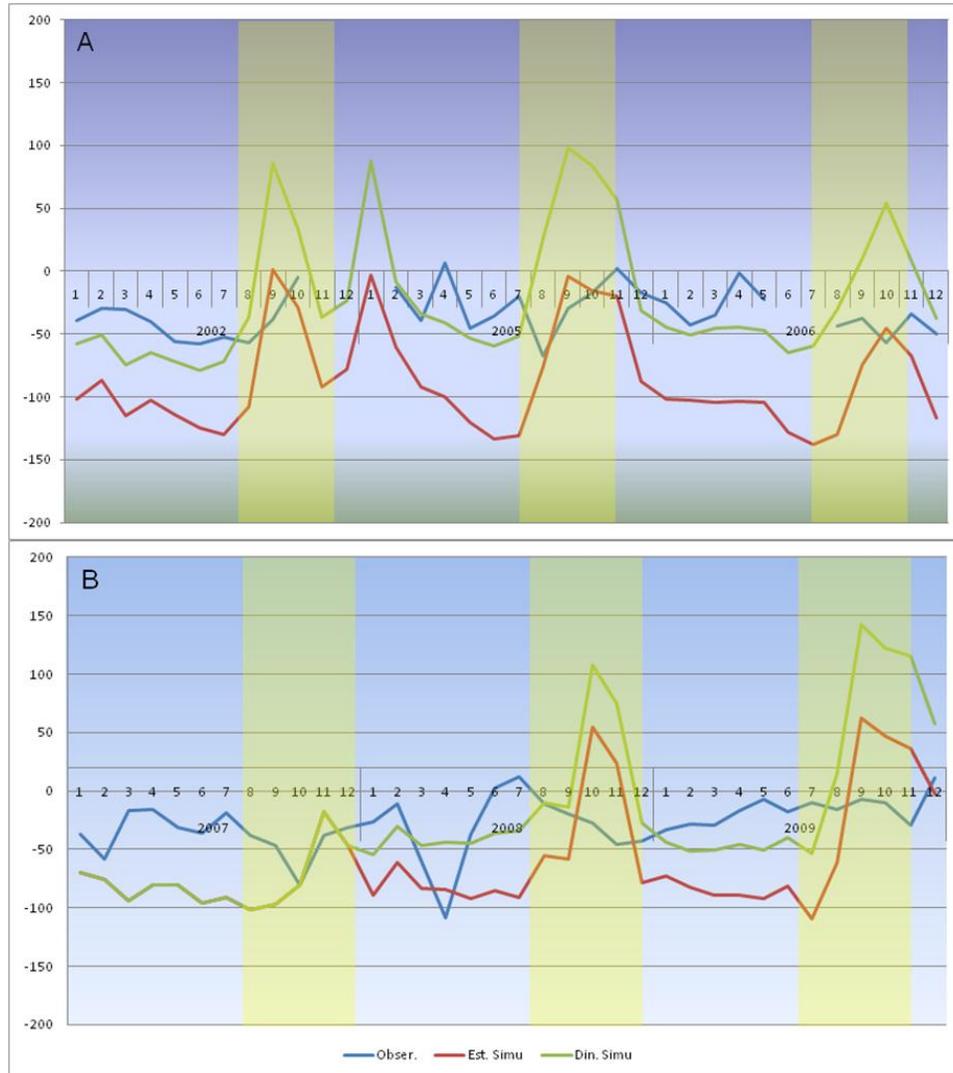


Figura 6: Observações e simulações do modelo IBIS de troca líquida do ecossistema (NEE), para o sítio experimental K34.

Os dados simulados de troca líquida do ecossistema (NEE) na Figura 6, em ambos períodos apresentaram um aumento na perda de carbono para atmosfera, contrariando os dados observacionais, que revelam uma perda muito pequena do estoque de carbono realizado na estação chuvosa. Observa-se também que as simulações realizadas com vegetação dinâmica apresentam um estoque menor de carbono durante a estação chuvosa, em relação à vegetação estática. Isto ocorre, pois quando consideramos uma dinâmica na vegetação, a competição por recursos abióticos como

água e luz, muitas vezes não estabelece as condições ideais para realização da fotossíntese, respiração de microorganismos, etc.

Reco(gC/m²)

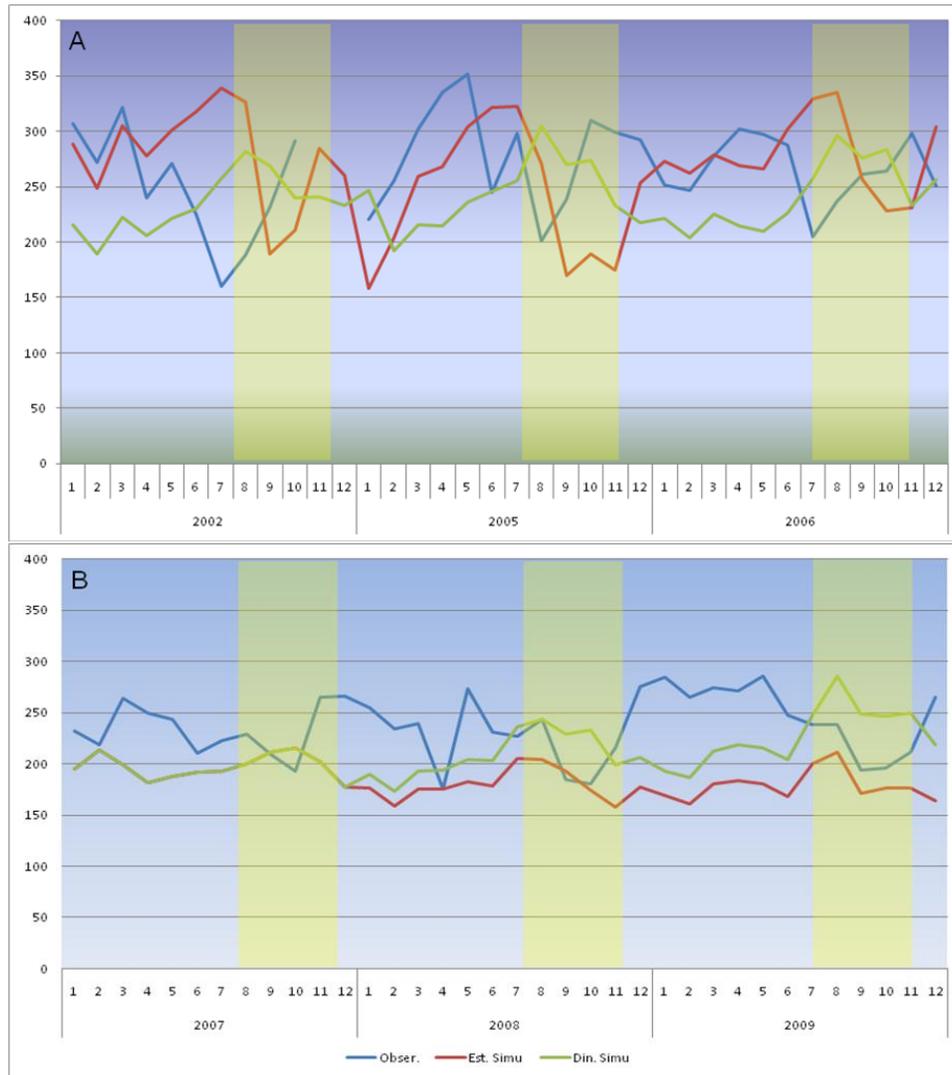


Figura 7: Respiração do Ecossistema

Na respiração do ecossistema (Reco), Figura 7a, observa-se uma tendência da respiração nos dados observados em aumentar no final do período de seca, inversamente aos valores simulados, que apresentam tendência em diminuir a respiração logo no início da estação. Para o segundo período simulado, Figura 7b, observa-se visualmente que há

uma menor respiração no período seco e uma maior no período de chuvas, o que favorece a atividade microbiana do solo e da vegetação. Nas simulações, no entanto, houve subestimação dos valores para ambas as estações, e também em relação às simulações anteriores (Figura 7a).

ET(mm/mês)

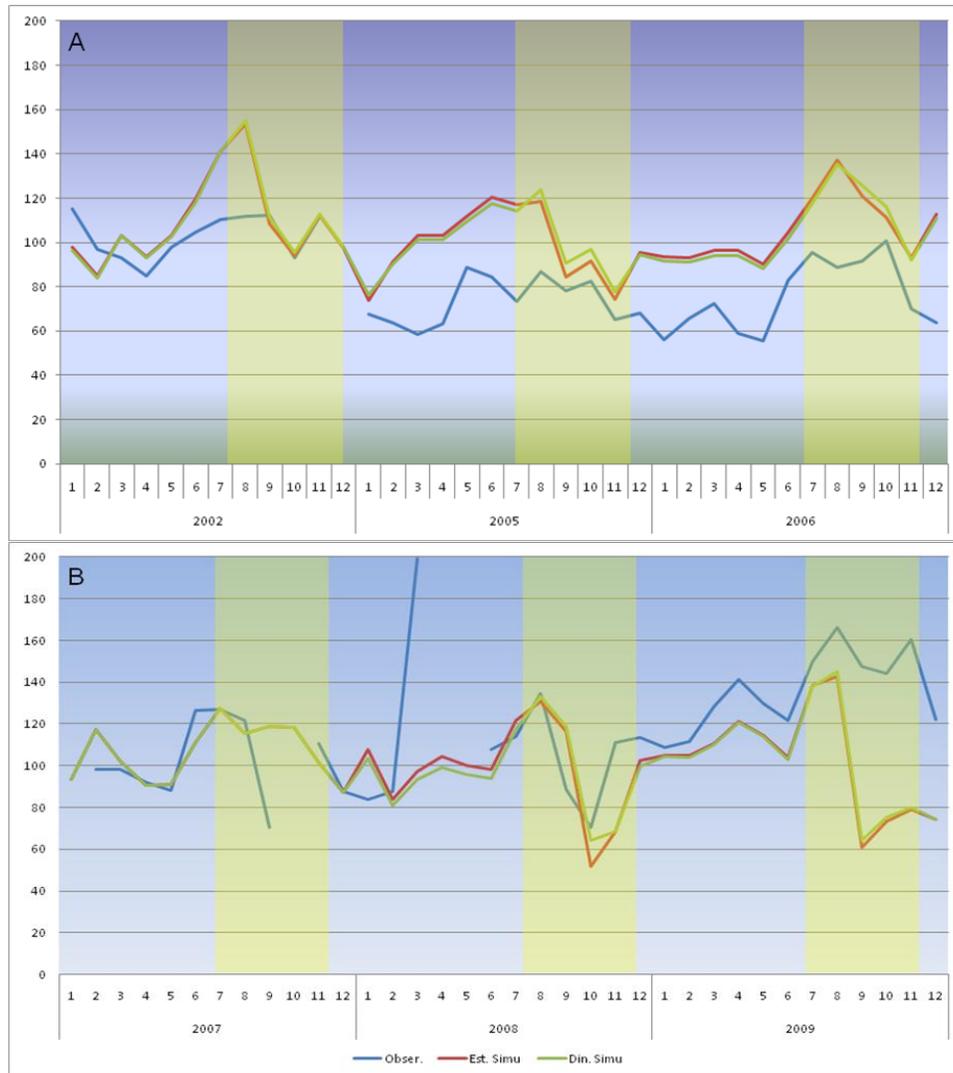


Figura 8:Evapotranspiração

A variação temporal da evapotranspiração, ilustrada na Figura 8, para ambos períodos apresentou comportamento semelhante. Nota-se aumento da evapotranspiração

no período de seca, quando temos uma temperatura mais alta, menor quantidade de nuvens, conseqüentemente maior incidência de raios solares sobre a vegetação, aumentando a transpiração da vegetação e do solo, o que intensifica a evapotranspiração em relação ao período de chuvas.

Observa-se também um ponto com grande diferença do padrão encontrado nos dados observacionais, que possivelmente pode ter sido ocasionado por ruídos ou problemas de assimilação de dados na torre. Este dado representa o valor médio de evapotranspiração para março de 2008, com valor de 200 mm/mês, o que foge à média da região de 114,93 mm/mês.

WUE(gC/KgH₂O)

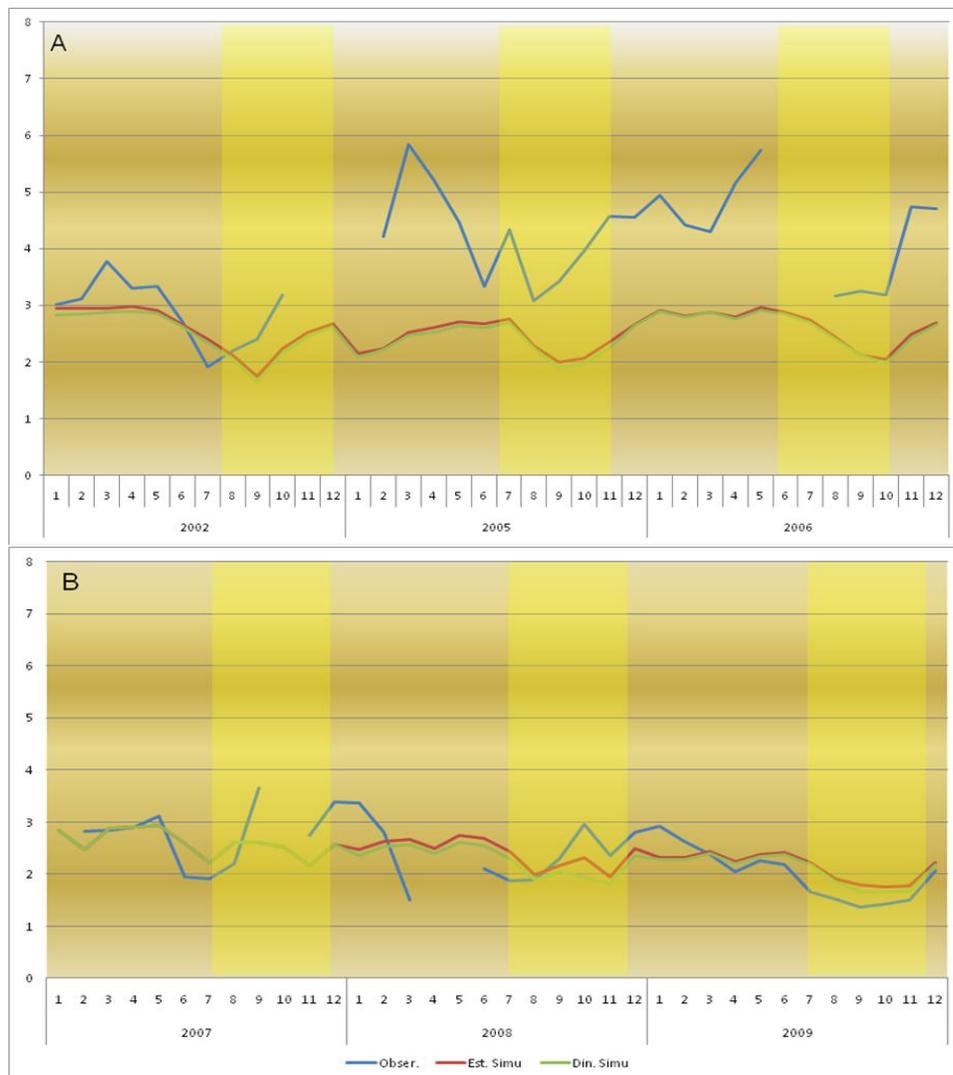


Figura 9: Eficiência do uso da Água

A representação temporal da WUE observada, ilustrada na Figura 9, revela que durante a estação seca há uma tendência em diminuir a eficiência no uso da água, e o modelo IBIS apesar de subestimar os valores, representa esta tendência para ambos os períodos. Outro fator importante, é que o cálculo da EUA simulada, baseia-se sempre nos dados da GPP e ET ,o que os relaciona diretamente à EUA.

No entanto, a representação da EUA a nível de ecossistema na Figura 9, não leva em conta alguns mecanismos essenciais na troca de gases entre atmosfera e planta, o que pode camuflar a resposta fisiológica da vegetação. Observa-se que em condições de menor evapotranspiração e maior assimilação, encontramos uma maior eficiência do uso da água (período de chuvas), e em condições opostas, com menor taxa de assimilação, e aumento da evapotranspiração, encontramos uma menor eficiência.

5. CONCLUSÃO

A coleta de dados das condições ambientais e das trocas turbulentas em torres micrometeorológicas de longo prazo fornece informações extremamente importantes para se estudar a interação entre a biosfera e o sistema climático. No entanto, ainda existem limitações quanto à obtenção destes dados, devido a fatores como manutenção, calibração, falhas na alimentação e critérios de controle de qualidade, o que ocasiona muitas vezes a perda de informações de um determinado período. Neste contexto, foi elaborado um algoritmo em linguagem Fortran para o preenchimento das falhas dos dados observados de troca líquida do ecossistema (NEE) para o sítio experimental K34, e que futuramente poderá ser utilizado para preencher dados observacionais e permitir a comparação com as saídas do modelo de superfície.

Conclui-se também que o modelo de superfície IBIS não apresentou diferenças significativas na representação dos fluxos de carbono e eficiência do uso da água (EUA) comparando-se os períodos de (2002-2005- 2006) e (2007 -2008- 2009). Embora os dados de entrada tenham sido diferentes, o modelo apresentou a mesma dificuldade em representar os efeitos do estresse hídrico constatado por SILVA, (2010). A eficiência do uso da água a nível de ecossistema manteve menores valores durante o período de estiagem (dados observados), subestimados pelo modelo de superfície IBIS (dados simulados).

REFERÊNCIAS

CEREDA, R. L.D e MALDONADO, J. C. **Introdução ao Fortran 77 para Microcomputadores. Introdução** p.26-28, 1987

CHAUVEL, A., et al. **On the genesis of soil mantle of the region of Manaus, Central Amazonia.** *Experientia* 43:234-241, 1987.

COSTA, M.H., et al. **Estado-da-arte da simulação da taxa de fixação de carbono de ecossistemas tropicais.** *Revista Brasileira de Meteorologia*, v.24, n.2, 179-187, 2009.

SILVA, E. A. D. **Avaliação da Eficiência do Uso da Água em Diferentes Biomas Brasileiros.** Relatório Final de Projeto de Iniciação Científica, 2010

FOLEY, J. A. et al. **Green surprise? How terrestrial ecosystems could affect earth's climate.** *Frontier Ecology Environmet.* v. 1 n. 1, p. 38-44, 2003.

FOLEY, J.A. et al. **An integrated biosphere modelo f land surface processes, terrestrial carbon balance and vegetation dynamics,** *Global Biogeochemical Cycles*, 10 (4), 603-628, 1996.

FUJISAKA, S., et al. **The effects of forest conversion on annual crops and pastures: estimates of carbon emissions and plant species loss in a Brazilian Amazon colony.** *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v. 69, p. 17-26, 1998.

HEHL, M. E. **Linguagem de programação estruturada Fortran 77.** Prefácio

ROCHA, H. R.; et al. **Seasonality of water and heat fluxes over a tropical Forest in eastern Amazonia.** *Ecol. Appl.* v. 14, p. S22-S32, 2004. Disponível em: <http://www.esajournals.org/doi/abs/10.1890/02-6001>> Acesso em: 17/05/2011

LEOPOLDO, P.R., et al. **Towards a water balance in Central Amazonian region.** *Experientia* 43:222-233, 1987.

OLIVEIRA, A. N et al. 2002. **Composição e diversidade florística de uma floresta ombrófila densa de terra firme na Amazônia Central, Amazonas, BRASIL,** 2a. Conferência Científica Internacional do LBA, Manaus/AM, julho 2002.