

Modelo InLand/IBIS

Manual do Usuário

Novembro-2012

Índice

Prefácio

Capítulo 1.0: INTRODUÇÃO.....1

1.1. Novidades do modelo InLand/IBIS.....1

1.1.1. Novidades do ponto de vista computacional.....2

1.1.2. Novidades do ponto de vista de processos físicos.....2

1.1.3. Overview.....3

Capítulo 2.0: ASPECTOS FÍSICOS DO InLand/IBIS.....4

Capítulo 3.0: USO DO MODELO InLand/IBIS.....8

3.1. Requisitos para instalar e rodar o InLand/IBIS.....8

3.2. Como preparar o InLand/IBIS para simulações.....8

3.2.1 Obtendo e Descompactando o código do InLand/IBIS.....8

3.3. Diretórios e arquivos do InLand/IBIS.....9

3.4. Simulações do InLand/IBIS em configuração GRID e SINGLE-POINT.....10

3.4.1. Dados de entrada para o InLand/IBIS em modo GRID.....10

3.4.2. Dados de entrada para o InLand/IBIS em modo SINGLE-POINT.....11

3.4.3. Preparação.....11

3.4.4. Compilação.....12

3.4.5. Execução.....13

Capítulo 4.0: ARQUIVOS DE CONFIGURAÇÃO DO InLand/IBIS.....	15
4.1. Configuração e parâmetros do InLand/IBIS GRID.....	15
4.2. Configuração e parâmetros do InLand/IBIS SINGLE-POINT.....	18
Capítulo 5.0: DADOS PARA SIMULAÇÃO.....	21
5.1. Variáveis de entrada para InLand/IBIS GRID.....	21
5.2. Variáveis de saída para InLand/IBIS GRID.....	23
5.3. Variáveis de entrada e saída para InLand/IBIS SINGLE-POINT.....	21
6.0 Referências Bibliográficas.....	27

Lista de figuras

Figura 2.1: Esquema modular do InLand/IBIS

Figura 3.1: Fluxograma simplificado do InLand/IBIS

Lista de tabelas

Tabela 2.1: Espessura das camadas de solo usadas pelo InLand/IBIS

Tabela 2.2: Tipos funcionais de plantas (PFTs) usadas no InLand/IBIS

Tabela 2.3: Resumo das características de vegetação do InLand/IBIS

Tabela 2.4: Resumo das características de solo do InLand/IBIS

Tabela 2.5: Resumo das características de biogeoquímica do InLand/IBIS

Tabela 2.6: Resumo das características de transferência radiativa e distúrbios do InLand/IBIS

Tabela 4.1: Parâmetros do InLand/IBIS GRID

Tabela 4.2: Parâmetros do InLand/IBIS SINGLE-POINT

Tabela 5.1: Nomes e descrição dos arquivos de dados de contorno do InLand/IBIS GRID

Tabela 5.2: Nomes e descrição dos arquivos de dados iniciais climatológicos do InLand/IBIS

GRID

Tabela 5.3: Nomes de arquivo e descrição de dados iniciais diários do InLand/IBIS GRID

Tabela 5.4: Nomes de arquivo e descrição de dados iniciais mensais do InLand/IBIS GRID

Tabela 5.5: Nomes e descrição das variáveis do arquivo de dados diários

Tabela 5.6: Nomes e descrição das variáveis do arquivo de dados mensais

Tabela 5.7: Nomes e descrição das variáveis do arquivo de dados anuais

Tabela 5.8: Nomes e descrição dos arquivos de dados de contorno do InLand/IBIS SINGLE-

POINT

Tabela 5.9: Dados de entrada para o InLand/IBIS SINGLE-POINT

Prefácio

O InLand/IBIS (Integrated Model of Land Surface Processes) é um modelo, desenvolvido a partir do IBIS (Integrated Biosphere Simulator), proposto por Foley et. al (1996), aprimorado por diversos, que possui capacidade de simular uma gama de processos da biosfera terrestre.

Nesta 1^a versão do manual, tivemos a preocupação de passar informações de uma forma simples e objetiva, que possibilite ao usuário uma consulta esclarecedora e rápida sobre aspectos do uso do modelo.

Por essa razão, iniciamos o **Capítulo 1 (Introdução)** com uma breve descrição da origem e do propósito do modelo, uma visão geral das melhorias presentes no código em relação aos modelos que serviram de, tanto do ponto de vista computacional quanto dos processos físicos modelados.

No **Capítulo 2 (Aspectos físicos do InLand/IBIS)**, tem-se a descrição do modelo, nos aspectos físicos e químicos.

O **Capítulo 3 (Uso do InLand/IBIS)**, traz detalhes sobre como usar InLand/IBIS, abordando diretrizes de onde e como obter o código, como preparar, instalar, configurar e executar o modelo.

O **Capítulo 4 (Arquivos de configuração)** contém informações sobre os arquivos de configuração e personalização das simulações.

O **Capítulo 5 (Dados para a simulação)** traz descrições sobre os dados de entrada do modelo, tais como: formato, unidades e etc.

1.0 Introdução

O Modelo InLand/IBIS foi projetado para representar os processos da superfície terrestre, com foco principal na representação dos ecossistemas brasileiros e também de outras partes da América do Sul.

O código do InLand/IBIS segue a estrutura do modelo IBIS v2.6b4 do SAGE (Sustainability And the Global Environment) e teve como base o código da versão acoplada ao CCM3 (Community Climate System Model Version 3 (CCSM3) da NCAR (National Center for Atmosphere Research).

A escolha da estrutura do IBIS-SAGE visa manter semelhança ao original, facilitando a pesquisa e desenvolvimento em sua versão não-acoplada (OFFLINE). Por sua vez, a escolha do CCM3-IBIS como base para o modelo justifica-se pelo seu avanço tecnológico e científico em relação ao IBIS-SAGE.

A versão do modelo InLand/IBIS contempla o modo de operação pontual (*single point model*), que foi concebido por Delire e Foley (1999). Cujo intuito principal é para calibração de parâmetros a ser aplicados também em modo GRID.

1.1. Novidades do modelo InLand/IBIS

O InLand/IBIS foi obtido a partir da unificação do código de dois modelos:

- IBIS-SAGE (Foley et al., 1996 e Kucharik et al., 1999); e
- CCM3-IBIS (Delire et al., 2003).

Por isso, nesta seção estão listadas as mudanças que foram adicionadas no IBIS-SAGE e CCM3-IBIS para se obter o InLand/IBIS.

1.1.1. Novidades do ponto de vista computacional

- **Configurações de simulação:**
 - Modo em grade (GRID), tanto em escala global como regional;
 - Modo pontual (SINGLE POINT), para dados de torres micrometeorológicas.
- **Ambiente de supercomputação**
 - Compilação e execução no ambiente de supercomputação CRAY.

- **Nova estruturação do código:**

- Indentação melhor definida dos arquivos de código-fonte;
- Subrotinas separadas em arquivos individuais;
- Reestruturação dos dados de input/output (nome e diretórios);
- Implantação do GNU build system;
- Migração do código para Fortran 90; e
- Compatibilidade com diferentes compiladores (gfortran, ifort e pgf90).
- Baixo consumo de memória RAM
- Paralelização do código
- Modo para reiniciar o modelo ativo para o modo de Dinâmica da Vegetação fixada e ligado

- **Dados de entrada:**

- Correção de ponto indefinido no dado climatológico do CRU (Hulme et. al., 1999) de precipitação.

1.1.2. Novidades do ponto de vista de processos físicos

- **Modificações:**

- Adoção do cálculo da troca líquida do ecossistema (NEE: *net ecosystem exchange*) de acordo com o IBIS-SAGE;
- Correção do cálculo da condição de existência do tipo funcional de planta (PFT: *plant functional type*), *boreal broadleaf cold-deciduous trees*, em cada ponto de grade; e
- Correção no cálculo do acúmulo de água para camadas de gelo.
- Subrotina para leitura externa de CO₂

1.1.3. Overview

A estrutura básica do InLand/IBIS (Figura 1.1) tem quatro módulos principais:

Vegetação: Trata da fenologia e dinâmica da vegetação natural;

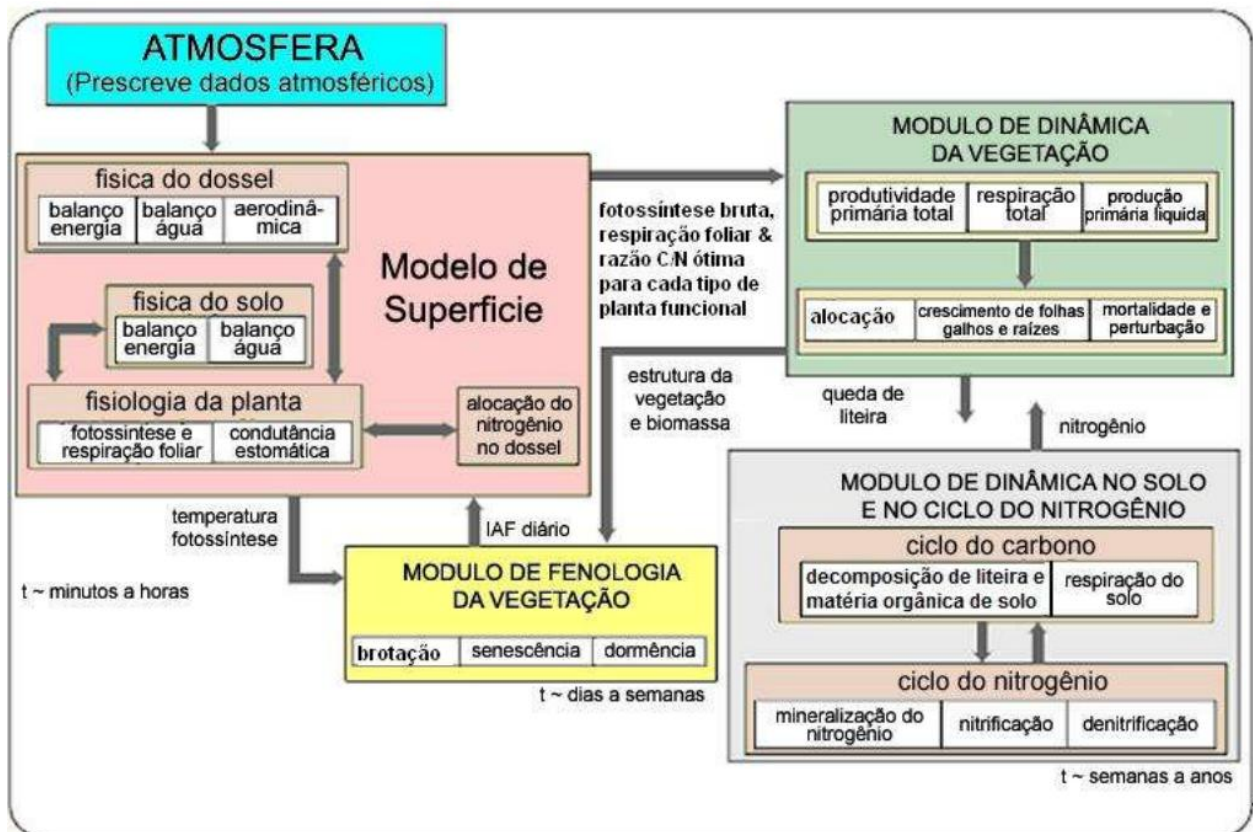
Biogeoquímica de solos: Trata do ciclo do carbono e nitrogênio;

Processos superficiais: Modelagem da física do dossel, física do solo e da fisiologia vegetal;

Fenologia da vegetação: Representar a fenologia da vegetação com base no desenvolvimento medido por graus-dia.

Estes módulos são interligados seguindo uma hierarquia conceitual, organizados conforme a ocorrência dos processos em escala temporal com intervalos de integração variando de 60 minutos a um ano.

Figura 1.1 - Esquema modular do InLand/IBIS.



Fonte: Adaptada de Kucharik et al. (2000)

2.0 Aspectos Físicos do InLand/IBIS

O InLand/IBIS é um modelo de quarta geração (Gochis et al., 2004), e integra a maioria dos processos superficiais relevantes para o sistema climático, abrangendo os processos da biosfera terrestre, tais como:

Dinâmica da vegetação: índice da área foliar e biomassa para 12 PFTs;

Competição da vegetação: por água e luz;

Efeitos fisiológicos do dossel: fotossíntese, condutância estomática e respiração;

Fenologia das plantas: aparecimento e crescimento das folhas;

Ciclo do carbono e nutrientes terrestre: produtividade primária líquida, respiração do solo e decomposição da matéria orgânica;

O InLand/IBIS tem capacidade de simular a dinâmica global da fenologia da vegetação, tornando possível detectar as mudanças ocorridas na composição e estrutura da vegetação em resposta às condições ambientais. Assim, é possível realizar simulações detectando os efeitos das mudanças no balanço de carbono terrestre e da concentração de CO₂ atmosférica no clima.

As variações diurnas e sazonais de temperatura, umidade e conteúdo de gelo (e água) no solo utilizam formulação de múltiplas camadas. As camadas de solo vão desde a superfície até a profundidade total de 4 m, são estratificadas em seis camadas de espessuras menores, e seus valores padrões são apresentados na Tabela 2.1 (Foley et al., 1996).

Tabela 2.1 – Espessura das camadas de solo usadas pelo InLand/IBIS

Camadas	Espessura (m)
Camada 1 (superior)	0,10
Camada 2	0,15
Camada 3	0,25
Camada 4	0,50
Camada 5	1,00
Camada 6 (inferior)	2,00
Camada total	4,00

A simulação da umidade do solo é baseada na equação de fluxo de Richards (Richards, 1931), onde a variação temporal e espacial da umidade é uma função da condutividade hidráulica do solo, da curva de retenção de água do solo, absorção de água pelas raízes das plantas, e das condições de contorno inferior e superior (Li et al., 2007). Assim, no modelo o balanço hídrico do solo é controlado pela taxa de infiltração, pela evaporação da água na superfície do solo, pela transpiração das plantas e pela redistribuição de água no perfil do solo. Além das camadas de solo, são consideradas ainda três camadas de neve no modelo.

No InLand/IBIS a vegetação é representada por duas camadas de dosséis. Uma chamada de dossel inferior, correspondendo às gramíneas, arbustos, e a outra chamada de dossel superior, que corresponde às árvores.

As formulações da fotossíntese (Farghar et al., 1980; Collatz et al., 1991), da condutância estomática (Leuning, 1995) e da respiração (Amthor, 1994) de plantas C3 e C4 são usadas para simular os processos de trocas gasosas do dossel. Esta abordagem fornece uma ligação mecanística entre as trocas de energia, água e CO₂ que ocorrem entre a vegetação e a atmosfera (Collatz et al., 1991; Sellers et al., 1992; Bonan, 1995). A brotação e a senescência dependem de fatores climáticos seguindo o algoritmo de Botta et al., (2000).

A cobertura vegetal natural é representada em termos de 12 PFTs, que competem por luz e água, as quais foram adaptadas conforme Prentice et al. (1992). Essa abundância relativa dos 12 PFTs (Tabela 2.2) dispostas em cada célula da grade, permite que a cobertura vegetal seja modificada ao longo do tempo, conforme a habilidade fotossintética e a eficiência de uso da água da vegetação. Assim, caso em uma mesma célula da grade existam conjuntamente árvores e gramíneas, as gramíneas serão sombreadas pelas árvores e, conseqüentemente, receberão menos luz, mas seu perfil radicular lhes permitirá retirar primeiro e mais facilmente a água, antes que a mesma infiltre através do perfil do solo. A competição entre os tipos de gramíneas ou entre os tipos de árvores é resultado das diferentes formas de alocação, da fenologia, dos tipos de folha ou tipo de fotossíntese, considerando diferentes balanços de carbono.

Tabela 2.2 – Tipos funcionais de plantas (PFTs) usadas no InLand/IBIS

PFT	Tipo	Sigla
1	Árvores tropicais, de folhas largas e permanentemente verdes	trbrevtr
2	Árvores tropicais de folhas largas, decíduas secas	trbrdetr
3	Árvores de clima temperado quentes, de folhas sempre verdes	wtbrevtr
4	Árvores coníferas de clima temperado, com folhas sempre verdes	tecoevtr
5	Árvores decíduas de clima temperado frio, de folhas sempre verdes	tebrdetr
6	Árvores coníferas boreal, de folhas permanentemente verdes	bocoevtr
7	Árvores boreais, coníferas decíduas de clima frio	bocodetr

8	Árvores decíduas boreais de clima frio, de folhas largas	obrde <tr> <td>9</td> <td>Arbustos permanentemente verdes</td> <td>evsh</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Arbustos decíduos</td> <td>desh</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Gramíneas tipo C4</td> <td>c4gr</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Gramíneas tipo C3</td> <td>C3gr</td> </tr>	9	Arbustos permanentemente verdes	evsh	10	Arbustos decíduos	desh	11	Gramíneas tipo C4	c4gr	12	Gramíneas tipo C3	C3gr
9	Arbustos permanentemente verdes	evsh												
10	Arbustos decíduos	desh												
11	Gramíneas tipo C4	c4gr												
12	Gramíneas tipo C3	C3gr												

O índice de área foliar (LAI: *leaf area index*) máximo que cada PFT pode alcançar durante o ano dependerá da quantidade de carbono assimilado pela mesma durante o ano anterior. Devido ao LAI estar ligado ao ciclo do carbono este pode ser interpretado como um bom parâmetro indicador do comportamento do modelo. O balanço anual de carbono permite que o submodelo de dinâmica da vegetação estime LAI máximo e a biomassa para os 12 PFTs.

O InLand/IBIS simula o ciclo do carbono através da vegetação, liteira e matéria orgânica do solo, além disso, o módulo de biogeoquímica do solo é similar ao de CENTURY (Parton et al. 1993) e de Verberne et al., (1990). O total de carbono existente no primeiro metro de solo é dividido dentro de compartimentos caracterizados de acordo com o seu tempo de residência, que varia de umas poucas horas, para a biomassa microbiana, até mais de mil anos, para a matéria orgânica estabiliza.

Tabela 2.3 – Resumo das características de vegetação do InLand/IBIS

Processo	Detalhamento
Dossel	2 camadas: dossel superior (árvores) e dossel inferior (gramíneas e arbustos)
Cobertura vegetal	Composta por 12 PFTs, sendo 8 formadas por plantas altas e 4 por plantas baixas
Competição entre PFTs	Por água, luz e nutrientes, usando diferentes estratégias ecológicas
LAI e biomassa da vegetação	Calculados em função do balanço anual de carbono da vegetação do ano anterior
Vegetação dinâmica	<ul style="list-style-type: none"> - O crescimento das plantas é modelado pela variação do LAI e da biomassa de cada PFT. Uma célula da grade pode conter um ou mais tipo de plantas funcionais (PFT), que juntos, formam um tipo de vegetação; - Estabelecimento: todos os PFTs podem crescer em qualquer lugar dentro dos limites bioclimáticos, ou seja, o modelo considera que as mudanças ocorridas na composição e estrutura

	da vegetação em resposta às condições ambientais. - Mortalidade: fração constante de biomassa
Vegetação fixa	Mantém fixo o PFT, o LAI máximo e a reserva de carbono
Fenologia	Utiliza uma abordagem em que o aparecimento e o crescimento da vegetação são medidos com base em graus-dia
Fisiologia da planta	Fotossíntese e respiração de plantas C3 e C4
Física do dossel	Balço de energia, água, CO ₂ e momentum e a neve interceptadas pelo dossel.
Sistema radicular	- A fração de raízes finas é determinada em função da profundidade máxima da camada de solo e de um parâmetro de distribuição das raízes finas (β_2). β_2 depende do tipo de ecossistema - Quanto mais profundo e bem distribuído for o sistema radicular maior será a captura de água pelas raízes.

Tabela 2.4 – Resumo das características de solo do InLand/IBIS

Processo	Detalhamento
Camadas de solo	- Utiliza seis camadas de solo de espessuras que podem ser modificadas conforme as características do experimento; - Em cada camada de solo o modelo simula as variações diurnas e sazonais de calor e umidade e conteúdo de gelo no solo
Neve de neve	Utiliza um modelo representado por três camadas, fisicamente baseado na temperatura, extensão e profundidade da neve
Física do solo	- Calcula a taxa de variação da umidade do solo com o tempo, com base na lei de Darcy; - Usa o princípio da conservação de massa para calcula o fluxo vertical de água no solo conforme proposta de Campbell & Norman, (1997)
Balço Hídrico	Controlado pelos parâmetros: taxa de infiltração, evaporação da água na superfície do solo, transpiração das plantas e redistribuição de água no perfil do solo
Propriedades físicas	Fração de areia, silte e argila, porosidade, capacidade de campo (CC), ponto de murcha permanente (PMP), potencial de entrada de ar e condutividade hidráulica saturada.

Carbono no solo	É calculado em termos da Produtividade primária líquida (NPP) e respiração do solo e decomposição
------------------------	---

Tabela 2.5 – Resumo das características de biogeoquímica do InLand/IBIS

Processo	Detalhamento
Reservatórios de carbono no solo	Cinco reservatórios: 1) liteira, 2) biomassa microbiana (ativo), 3) Matéria orgânica não protegida (lento), 4) Matéria orgânica protegida (lento) e 5) matéria orgânica estabilizada
Ciclo do nitrogênio	Aborda apenas as transformações do N do solo, não influenciando a produtividade da vegetação e usa a relação C:N constante

Tabela 2.6 – Resumo das características de transferência radiativa e distúrbios do InLand/IBIS

Troca de radiação solar no meio solo-vegetação-atmosfera	<p>Segue a aproximação two-stream, para fazer uma combinação das características de refletância e transmitância de camadas subsequentes para obter a refletância em um determinado no dossel. Isso significa que um ponto localizado entre o dossel superior e o inferior será tratado como sendo iluminado por dois fluxos, vindos da camada superior e da inferior.</p> <p>Os cálculos são feitos separadamente para a radiação solar direta e difusa, ambas enfocando as bandas de comprimento de ondas do visível (0,4 a 0,7 μm) e infravermelho próximo (0,7 a 4,0 μm) do espectro de radiação</p>
Fogo	Permite ajustar a frações do total de biomassa em cada célula da grade que poderá ser perdida devido ao fogo.

3.0 Uso do InLand/IBIS

Este capítulo visa instruir o usuário sobre como obter, preparar, entender a estrutura do código, compilar, preparar os dados e executar o modelo InLand/IBIS. Atualizações sobre estes procedimentos também poderão ser obtidos através dos arquivos:

```
README.grid  
README.single_point  
guiarapido.txt ou quickguide.txt
```

que se encontram no diretório:

```
docs/
```

3.1. Requisitos para instalar e rodar o InLand/IBIS

Para a execução do modelo InLand/IBIS recomenda-se:

- Sistema operacional UNIX ou compatível;
- Compiladores: GNU gfortran, PGI pgf90 ou Intel ifort
- Preprocessador C (GNU cpp ou compatível)
- Bibliotecas NetCDF: Deverão ser instaladas com o mesmo compilador que será utilizado para a compilação do modelo. Maiores informações: <http://www.unidata.ucar.edu/software/netcdf>

Vale salientar que não se utiliza o NetCDF para simulações SINGLE POINT.

3.2. Como preparar o InLand/IBIS para simulações

3.2.1. Obtendo e Descompactando o código do InLand/IBIS

Para obter o InLand/IBIS entre no endereço: <http://www.ecst.inpe.br/gsba> ou <http://www.biosfera.dea.ufv.br/inland/> . Escolha a versão que deseja. Faça o download do mesmo. Exemplo:

```
inland.tar.gz
```

Nesta página você obterá as versões anteriores bem como os releases, artigos científicos relacionados e novidades a respeito do InLand/IBIS. Abra um terminal em seu computador, acesse o diretório onde o modelo foi colocado e digite:

```
tar -zxvf [nome do arquivo]
```

Note que se a extensão do arquivo for a `.tar.bz2`, os parâmetros para o comando `tar` serão: “-vxjf”.

3.3. Diretórios e arquivos do InLand/IBIS

O pacote do InLand/IBIS contém quatro diretórios e vários arquivos, relacionados ao GNU Build System. Os diretórios são:

`contrib/`

Contém scripts (não suportados) para algumas tarefas específicas no modelo (scripts de visualização, conversão, etc.).

`data/`

Contém os arquivos de parâmetros e configuração das opções de grade e pontual do modelo.

`include/`

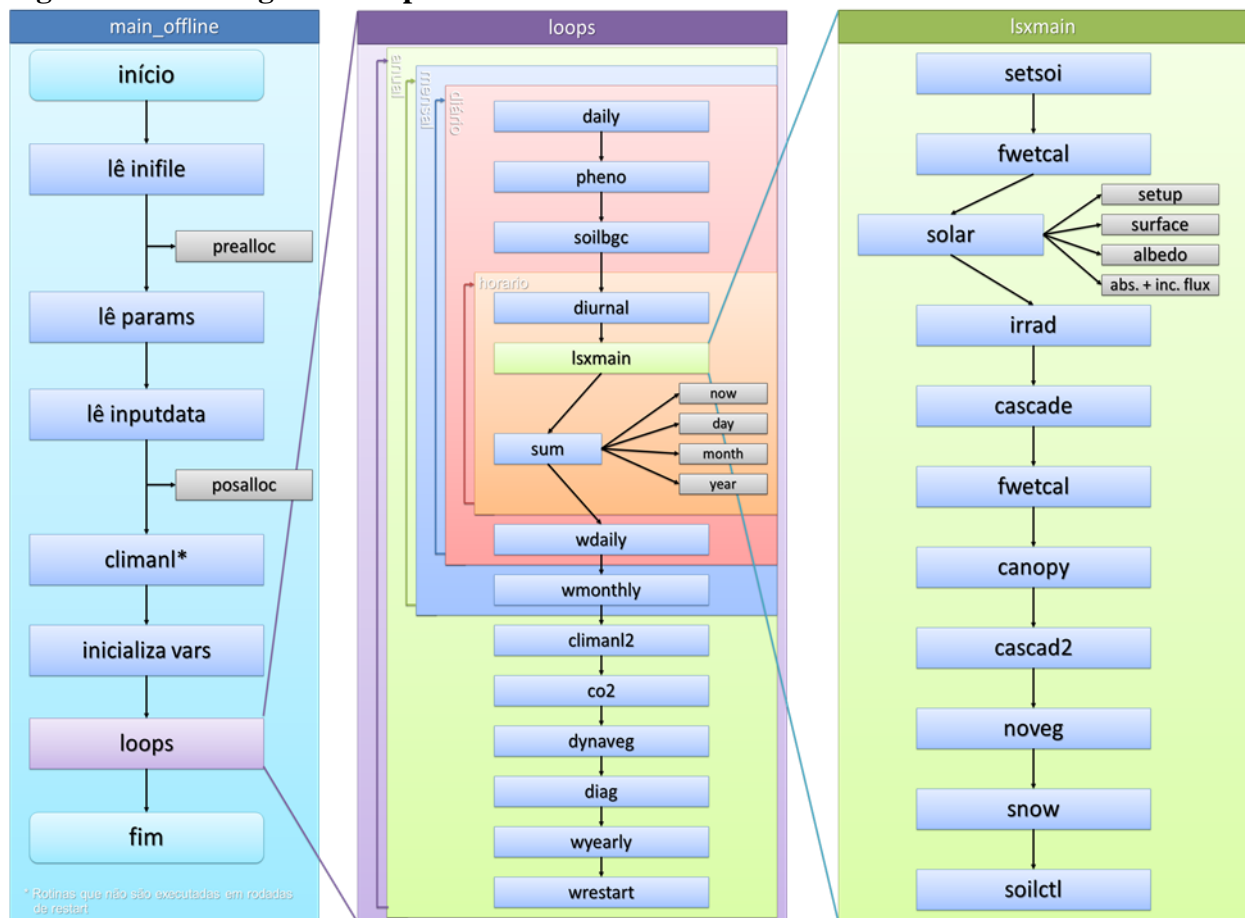
Contém os arquivos de cabeçalho, os quais podem ser modificados pelo usuário.

`src/`

Contém os arquivos do código fonte que coordenam a execução dos processos biogeoquímicos, biogeofísicos e matemáticos representados pelo modelo além dos processos computacionais.

A Figura 3.1 relaciona todos os arquivos, que compõem o código fonte de modelo, classificando-os por tipo de processo que cada um está relacionado. Os processos do modelo estão divididos: biogeoquímicos, biogeofísicos, matemáticos e computacionais.

Figura 3.1 – Fluxograma simplificado do InLand/IBIS.



3.4. Simulações do InLand/IBIS em configuração de GRID e SINGLE-POINT

Esta seção apresenta instruções para simulações com InLand/IBIS, o qual realiza integrações independentes em modo GRID Regional e Global e também em SINGLE-POINT.

3.4.1. Dados de entrada para o InLand/IBIS em modo GRID

Os conjuntos de dados de entrada fornecidos fazem parte de uma climatologia de trinta anos (1961 a 1990) gerada a partir de dados do CRU (Global Climate Dataset), com resolução espacial de 0.5°.

Para o experimento-teste as principais características do InLand/IBIS são:

- Ano inicial: 1981;
- Anos de simulação: 2;
- Saída de dados: 1 (mensal) e 1 (anual);
- Vegetação, fogo e CO₂ dinâmico: 0 (desativados);

- Área delimitada: 5°N, 15°S, 75°W, 55°W;
- Concentração de CO₂: 0.000350 mol/mol; e
- Concentração de O₂: 0.209 mol/mol.

Nos capítulos 4 e 5 tratarão de detalhes sobre os Arquivos de Configuração do InLand/IBIS e os dados de simulação respectivamente.

3.4.2. Dados de entrada para o InLand/IBIS em modo SINGLE-POINT

Os conjuntos de dados de entrada fornecidos são de torres micrometeorológicas que fazem parte de experimentos LBA (Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia):

- Santarém Km67
- Santarém Km83
- Manaus Km34
- Reserva Jaru

A configuração que vem predefinida para uma rodada de teste tem as seguintes características principais:

- Ano inicial: 2001
- Anos de simulação: 4
- Saída de dados: padrão
- Vegetação, fogo e CO₂ dinâmicos: 1 (só para vegetação)
- Coordenada simulada: 03° 03' 01" S, 54° 56' 32" W
- Concentração de CO₂: 0.000350 mol/mol
- Concentração de O₂: 0.209 mol/mol
- Altura da torre: 64 m
- Altura do dossel: 0.05 m a 0.25 m (inferior), 15 m a 35 m (superior)

Nos capítulos 4 e 5 tratarão de detalhes sobre os Arquivos de Configuração do InLand/IBIS e os dados de simulação respectivamente.

3.4.3. Preparação

Aqui são realizados no ambiente de compilação, testes e preparação (por ex.: verificação da biblioteca NetCD). Isso é feito através da execução do script `configure`, que está integrado ao GNU Build System. No diretório `/docs` há informações atualizadas inseridas nos arquivos:

```
README.grid
README.single_point
guiarapido.txt ou quickguide.txt
```

No diretório raiz do modelo digite:

```
./configure
```

Caso queira especificar o caminho:

```
./configure --prefix=<caminho>
```

exemplo: `./configure --prefix=/home/john/inland`

Um relatório de todo o processo de makefile é obtido no arquivo:

```
config.log
```

que se localiza no diretório raiz do InLand/IBIS. Sugere-se que caso ocorra algum problema na execução contate nosso suporte enviando este arquivo para inland@inpe.br.

NOTA: Para simulações em modo SINGLE-POINT acrescenta-se:

```
./configure --enable-single_point
```

3.4.4. Compilação

Compilar o modelo significa construir o arquivo executável a partir do código fonte. Para a compilação execute o comando:

```
make
```

Para agilizar o processo de compilação sugere-se utilizar recursos de compilação em paralelo através do comando:

```
make -j3
```

onde “3” é número de processadores desejáveis para agilizar o processo de compilação.

No caso de se fazer uma instalação definitiva, onde o executável será criado em diretórios do sistema operacional, execute o comando:

```
make install
```

NOTA: Uma prerrogativa para execução deste comando é o usuário ter os privilégios de ROOT da máquina

Outra opção realiza a compilação do código fonte e cria links simbólicos da estrutura necessária de execução do modelo a partir do diretório corrente, execute:

```
make dev-symlinks
```

Esses links compreendem o executável, o diretório `input`, os diretórios `conf/` e `params/` que contêm as configurações e parâmetros.

Serão criados no diretório corrente os seguintes links:

<code>arquivoexecutavel</code>	<code>input/</code>	<code>conf/</code>	<code>params/</code>	<code>/output</code>
--------------------------------	---------------------	--------------------	----------------------	----------------------

NOTA: Para apagar os arquivos executáveis criados no processo de compilação, além do executável do modelo execute o comando:

```
make clean
```

Para apagar todos os anteriores e também os arquivos de outputs e os gerados no processo de execução do makefile, execute:

```
make distclean
```

3.4.5. Execução

Esta seção trata da execução do modelo nas diferentes formas de instalação escolhidas acima. Para executar o modelo digite o comando:

```
./inland-grid para simulações em GRID  
./inland-single_point para simulações em SINGLE-POINT
```

Atente para opções do comando `make` escolhidas no momento de instalação:

- `make`

- O executável será criado no diretório:

```
inland/src
```

- **É necessário** que ele seja executado a partir do diretório:

```
inland/data/offline/grid em modo GRID
```

```
inland/data/offline/single_point em modo SINGLE-POINT
```

- `make install`

Verifique:

- Se os diretórios com os arquivos de configuração e de parâmetros (`conf/` e `params/`) estão dentro do diretório corrente, onde você irá realizar a simulação;

- A existência do diretório de dados `input/`.

- `make dev-symlinks`
 - Verifique se foram criados os links simbólicos para os diretórios `conf/`, `input/`, `params/` e `output/`;
 - Execute o comando a partir do diretório raiz do modelo.

4.0 Configuração do InLand/IBIS

Para que seja feita uma simulação são necessárias algumas configurações como ano de início e período da simulação, área a ser simulada e outras informações complementares. Essas informações são definidas pelo arquivo `inland-grid.infile`.

4.1. Configuração e parâmetros do InLand GRID

Para definir a configuração desejada para uma simulação grid o arquivo `inland-grid.infile` (localizado dentro do diretório `inland/data/offline/grid/conf`) deverá ser alterado. A partir do arquivo `inland-grid.infile` são estabelecidas configurações, como:

```
! this is inland grid configuration file (namelist)
! change any parameters here, or comment/remove to use default values
!
&INLAND_GRID
!
! temporal parameters
irestart = 0 , ! irestart - 0: not a restart run 1: restart run (default 0)
iyrrestart = 9999 , ! iyrrestart - year to restart model (default 9999)
iyear0 = 1981 , ! iyear0 - initial year of simulation (don't change for restart) (default 1981)
nrun = 2 , ! nrun - number of years in this simulation (change for restart) (default 2)
iyrdaily = 9999 , ! iyrdaily - year to start reading daily data (ditto) (default 9999)
iyrmon = 9999 , ! iyrmon - year to start reading montly data (default 9999)
dtime = 3600 , ! dtime - time step in seconds (default 3600)
!
! simulation parameters
soilcspin = 0 , ! soilcspin - 0: no soil spinup, 1: acceleration procedure used (default 0)
isimveg = 0 , ! isimveg - 0: static veg, 1: dynamic veg, 2: dynamic veg-cold start (default 0)
isimfire = 0 , ! isimfire - 0: fixed fire, 1: dynam fire (default 0)
isimco2 = 0 , ! isimco2 - 0: fixed co2, 1: ramped co2 (default 0)
co2init = 0.000280 , ! co2init - initial co2 concentration in mol/mol (real) (default 0.000350)
o2init = 0.209000 , ! o2init - initial o2 concentration in mol/mol (real) (default 0.209000)
!
! output parameters
iyearout = 1 , ! iyearout - 0: no yearly output, 1: yearly output (default 1)
imonthout = 1 , ! imonthout - 0: no monthly output, 1: monthly output (default 1)
idailyout = 1 , ! idailyout - 0: no daily output, 1: daily output (default 0)
idiag = 0 , ! idiag - 0: no diagnostic output, 1-10 # of files to output (default 0)
!
! domain parameters
snorth = 5.0 , ! snorth - northern latitude for subsetting in/output (no default)
ssouth = -15.0 , ! ssouth - southern latitude for subsetting in/output (no default)
swest = -75.0 , ! swest - western longitude for subsetting in/output (no default)
seast = -55.0 , ! seast - eastern longitude for subsetting in/output (no default)
!
```

Tabela 4.1 – Parâmetros do InLand/IBIS GRID

Parâmetro	Descrição
<code>irestart</code>	Recebe o valor “0” para simulação sem a necessidade de reiniciá-la, <code>restart</code> com valor igual a “1” para reiniciar a simulação. Configurar uma simulação com <code>restart</code> significa que se a mesma foi interrompida, quando reiniciada os cálculos continuarão a ser feitos a partir do ponto de parada.
<code>iyrrrestart</code>	Ano de início para o <code>restart</code> , caso não esteja usando <code>restart</code> definir como 9999, essa função só é necessária quando o valor de <code>irestart</code> for igual a “1”.
<code>iyearch0</code>	Variável que informa o ano de início da simulação
<code>nrun</code>	Período de anos a serem simulados
<code>iyrdaily</code>	Ano inicial para leitura de dados diários na simulação
<code>iyrmonthly</code>	Ano inicial para leitura de dados mensais na simulação
<code>dtime</code>	Definido, em segundos, representa o timestep que será utilizado na simulação
<code>soilcspin</code>	Informa se a simulação será com ou sem spinup (aceleração do processo de estabilização do carbono do solo)
<code>isimveg</code>	Atributo para simulação com a dinâmica da vegetação desligada (<code>isimveg = 0</code>), ligada (<code>isimveg = 1</code>) e simulação em modo Cold-Start ou solo nu (<code>isimveg = 2</code>)
<code>isimfire</code>	Atributo para simulação com a dinâmica do fogo desligada (<code>isimfire = 0</code>) ou ligada (<code>isimfire = 1</code>)
<code>isimco2</code>	Atributo para simulação em modo de carbono fixado na variável (<code>co2init</code>) (<code>isimco2 = 0</code>) ou variável (<code>isimco2 = 1</code>)
<code>co2init</code>	Variável que estabelece a concentração inicial de CO ₂ utilizada na simulação
<code>o2init</code>	Variável que estabelece a concentração inicial de O ₂ utilizada na simulação
<code>iyearout</code>	Variável que informa se haverá saídas anuais. Com o valor igual “1”, haverá saídas anuais. Caso contrário (<code>iyearout = 0</code>), não haverá saídas anuais

imounthout	Variável que informa se haverá saídas mensais. Com o valor igual “1”, haverá saídas mensais. Caso contrário (Imounthout = 0) não haverá saídas mensais
idailyout	Variável que informa se haverá saídas diárias. Com o valor igual “1”, haverá saídas diárias. Caso contrário (idailyout = 0), não haverá saídas diárias
idiag	Informar se durante a simulação deverá ser gerado arquivos com os valores das variáveis de diagnóstico
snorth	Latitude norte da área utilizada na simulação
ssouth	Latitude sul da área utilizada na simulação
swest	Longitude oeste da área utilizada na simulação
seast	Longitude leste da área utilizada na simulação

Observações importantes:

- **O uso do restart requer uma subtração da quantidade de anos já simulados;**
- **Quando isimco2 = 1 é necessário à existência do arquivo externo para informar valores referentes ao CO₂. O arquivo ascii abaixo tem valores de CO₂ e será lido pelo inland** inland/data/offline/grid/input/CO2.data.txt
- **Os arquivos relacionados à parametrização especificam alguns processos relacionados à vegetação, ao dossel e ao solo podem ser encontrados em** inland/data/offline/grid/params/:
 - canopy: relacionados ao dossel
 - vegetation: relacionados à vegetação
 - soil: relacionados ao solo

4.2. Configuração e parâmetros do InLand/IBIS SINGLE-POINT

Para definir a configuração desejada para uma simulação single-point o arquivo /data/offline/single_point/conf inland-single_point.infile deverá ser alterado. A partir do inland-single_point.infile são estabelecidas configurações, tais como:

```

! this is inland single point configuration file (namelist)
! change any parameters here, or comment/remove to use default values
!
&INLAND_SINGLE_POINT
!
! temporal parameters
irestart = 0 , ! irestart 0: not a restart run 1: restart run (default 0)
ityear0 = 1992 , ! ityear0 initial year of simulation (don't change for restart) (default 1981)
nrun = 12 , ! nrun      number of years in this simulation (change for restart) (default 2)
iyrdaily = 9999 , ! iyrdaily year to start reading daily data (ditto) (default 9999)
dtime      = 3600 , ! dtime time step in seconds (default 3600)
!
! simulation parameters
soilcspin  = 0 , ! soilcspin 0: no soil spinup, 1: acceleration procedure used (default 0)
isimveg    = 1 , ! isimveg   0: static veg, 1: dynamic veg, 2: dynamic veg-cold start (default 1)
isimfire   = 0 , ! isimfire   0: fixed fire, 1: dynam fire (default 0)
isoilforc  = 0 , ! isoilforc  0: dynamic soil physics 1: forced soil physics (default 0)
isimco2    = 0 , ! isimco2    0: fixed co2, 1: ramped co2 (default 0)
co2init    = 0.000350 , ! co2init   initial co2 concentration in mol/mol (real) (default 0.000350)
o2init     = 0.209000 , ! o2init    initial o2 concentration in mol/mol (real) (default 0.209000)
!
! output parameters
ityearout  = 0 , ! ityearout  0: no yearly output, 1: yearly output (default 0)
imonthout  = 0 , ! imonthout  0: no monthly output, 1: monthly output (default 0)
idailyout  = 0 , ! idailyout  0: no daily output, 1: daily output (default 0)
idiag      = 0 , ! idiag      0: no diagnostic output, 1-10 # of files to output (default 0)
!
! domain parameters
snorth     = -3.05 , ! snorth    northern latitude for subsetting in/output (no default)
ssouth     = -9.83 , ! ssouth    southern latitude for subsetting in/output (no default)
swest      = -54.98 , ! swest     western longitude for subsetting in/output (no default)
seast      = -54.85 , ! seast     eastern longitude for subsetting in/output (no default)
!
/

```

Tabela 4.2 – Parâmetros do InLand/IBIS SINGLE-POINT

Parâmetro	Descrição
irestart	Recebe o valor “0” para simulação sem a necessidade de reinicia-la, restart com valor igual a “1” para restartar a simulação. Configurar uma simulação com restart significa que se a mesma foi interrompida, quando reiniciada os cálculos continuarão a ser feitos a partir do ponto de parada
iyrestart	Ano de início para o restart, caso não esteja usando restart definir como 9999, essa função só é necessária quando o valor de irestart for igual a “1”

<code>iyear0</code>	Variável que informa o ano de início da simulação
<code>nrun</code>	Período de anos a serem simulados
<code>iyrdaily</code>	Ano inicial para simulação com dados diários
<code>dtime</code>	Definido, em segundos, representa o timestep que será utilizado na simulação
<code>soilcspin</code>	Informa se a simulação será com ou sem spinup do solo
<code>isimveg</code>	Atributo para simulação com a dinâmica da vegetação desligada (<code>isimveg = 0</code>), ligada (<code>isimveg = 1</code>) e simulação em modo Cold-Start ou solo nu (<code>isimveg = 2</code>)
<code>isimfire</code>	Atributo para simulação com a dinâmica do fogo desligada (<code>isimfire = 0</code>) ou ligada (<code>isimfire = 1</code>)
<code>isimco2</code>	Atributo para simulação em modo de carbono fixado na variável (<code>co2init</code>) (<code>isimco2 = 0</code>) ou variável (<code>isimco2 = 1</code>)
<code>co2init</code>	É a variável que estabelece a concentração inicial de CO ₂ utilizada na simulação
<code>o2init</code>	É a variável que estabelece a concentração inicial de O ₂ utilizada na simulação
<code>iyearout</code>	Variável que informa se haverá saídas anuais. Com o valor igual “1”, haverá saídas anuais. Caso contrário (<code>iyearout = 0</code>), não haverá saídas anuais
<code>imounthout</code>	Variável que informa se haverá saídas mensais. Com o valor igual “1”, haverá saídas mensais. Caso contrário (<code>imounthout = 0</code>) não haverá saídas mensais
<code>idailyout</code>	Variável que informa se haverá saídas diárias. Com o valor igual “1”, haverá saídas diárias. Caso contrário (<code>idailyout = 0</code>), não haverá saídas diárias
<code>idiag</code>	Informar se durante a simulação deverá ser gerado arquivos com os valores das variáveis de diagnóstico
<code>snorth</code>	Latitude norte da área utilizada na simulação
<code>ssouth</code>	Latitude sul da área utilizada na simulação
<code>swest</code>	Longitude oeste da área utilizada na simulação

seast	Longitude leste da área utilizada na simulação
-------	--

Os arquivos relacionados à parametrização especificam alguns processos relacionados à vegetação, ao dossel e ao solo podem ser encontrados em `inland/data/offline/single_point/params/`:

`canopy`: relacionados ao dossel

`vegetation`: relacionados à vegetação

`soil`: relacionados ao solo

Para simulações com a configuração pontual os parâmetros relacionados ao solo, torre e a vegetação da área englobada na simulação:

`inland/data/offline/single_point/params/single_point_parameters;`

5.0 Dados para simulação

5.1. Variáveis de entrada para InLand/IBIS GRID

O conjunto de dados para inicialização e saída do InLand/IBIS GRID são arquivos em formato Network Common Data Form (NetCDF) desenvolvido pelo Unidata com resolução de meio grau. Os dados de contorno (forçantes) e dados iniciais são encontrados no diretório:

input/

A Tabela 5.1 informa o nome e descrição dos arquivos de dados de contorno.

Tabela 5.1 – Nomes e descrição dos arquivos de dados de contorno do InLand/IBIS GRID

Nome do arquivo	Descrição dos Dados
soita.clay.nc	Percentagem de argila nas camadas de solo
soita.sand.nc	Percentagem de areia nas camadas de solo
surta.nc	Arquivo com dados de pontos de superfície. Utilizado para calcular “npoi” que define a área da simulação
topo.nc	Topografia
vegtype.nc	Tipos potenciais de cobertura da superfície

A Tabela 5.2 apresenta o nome e descrição dos arquivos das condições iniciais atmosféricas climatológicas.

Tabela 5.2 – Nome e descrição dos arquivos de dados iniciais climatológicos do InLand/IBIS GRID

Nome do Arquivo	Descrição dos Dados	Unidades	Fonte
cld.mon.nc	Nebulosidade média mensal	%	CRU
trange.mon.nc	Variação de temperatura mensal	C	Oregan
prec.mon.nc	Precipitação mensal climatológica	mm/dia	CRU
rh.mon.nc	Umidade relativa mensal climatológica do ar	%	CRU
temp.mon.nc	Temperatura média mensal	C	CRU

wetd.mon.nc	Número de dias com chuvas	dias	CRU
wspd.mon.nc	Velocidade média mensal do vento	m/s	CRU

CRU = Climate Research Unit - East Anglia, UK; **Oregon** = Dept. Geografia, Univ. Oregon, Eugene OR

O padrão do nome dos arquivos para simulações com dados iniciais diários:

input/daily/<variavel>.daily.<ano>.nc

Cada arquivo representa uma variável, e comporta informações diárias para cada ano da simulação. Cada ano tem seu conjunto de arquivos-variável correspondente. A Tabela 5.3 mostra o nome dos arquivos, a descrição dos dados, as unidades e a fonte. Como exemplo, na tabela 5.3 encontra-se a descrição de dados diários para o ano de 2003.

Tabela 5.3 – Nome de arquivo e descrição de dados iniciais diários do InLand/IBIS GRID

Nome do arquivo	Descrição dos Dados	Unidades	Fonte
cld.daily.2003.nc	Nebulosidade média diária	%	CFSR
Temp.daily.2003.nc	Temperatura média diária	C	CFSR
Prec.daily.2003.nc	Precipitação diária	mm/dia	CFSR
sphum.daily.2003.nc	Umidade específica média diária do ar	%	CFSR
tmin.daily.2003.nc	Temperatura mínima diária	C	CFSR
Tmax.daily.2003.nc	Temperatura máxima diária	C	CFSR
Wspd.daily.2003.nc	Velocidade média diária do vento	m/s	CFSR

CFSR: CLIMATE FORECAST SYSTEM REANALYSIS

O padrão do nome dos arquivos para simulações com dados observados iniciais mensais:

input/monthly/<variavel>.monthly.<ano>.nc

Cada arquivo representa uma variável, e comporta informações mensais para cada ano da simulação. Cada ano tem seu conjunto de arquivos-variável correspondente. Na Tabela 5.4 observamos um exemplo de dados mensais observados para o ano de 2003.

Tabela 5.4 – Nomes de arquivo e descrição de dados iniciais mensais do InLand/IBIS GRID

Nome do arquivo	Descrição dos dados	Unidades	Fonte
cld.monthly.2003.nc	Nebulosidade mensal	%	CFSR

temp.monthly.2003.nc	Temperatura média mensal	C	CFSR
wetd.monthly.2003.nc	Número de dias chuvosos	dias	CFSR
Prec.monthly.2003.nc	Precipitação média	mm/dia	CFSR
sphum.monthly.2003.nc	Umidade relativa do ar mensal	%	CFSR
trange.monthly.2003.nc	Variação da temperatura mensal	C	CFSR
wspd.monthly.2003.nc	Velocidade mensal média do vento	m/s	CFSR

CFSR: CLIMATE FORECAST SYSTEM REANALYSIS

5.2. Variáveis de saída para InLand/IBIS GRID

Os arquivos de saída do InLand/IBIS GRID podem ser **diários** (inland-daily-<ano>.nc), **mensais** (inland-monthly-<ano>.nc) e **anuais** (inland-yearly-<ano>.nc), dependendo da configuração feita pelo usuário antes de iniciar a simulação. As três tabelas a seguir apresentam, respectivamente, a lista de variáveis que estão presentes nos arquivos de saída do Inland/IBIS GRID.

Tabela 5.5 – Nomes e descrição das variáveis do arquivo de dados diários

inland-<versão>/output/inland-daily-<ano>.nc	
rain	Precipitação
snow	Neve
srunoff	Escoamento superficial
drainage	Drenagem
tnpntot	Total de produtividade primária líquida
co2ratio	Razão de CO2 média
co2mic	Fluxo de carbono do solo microbiótico

Tabela 5.6 – Nomes e descrição das variáveis do arquivo de dados mensais

inland-<versão>/output/inland-monthly-<ano>.nc	
aet	Evapotranspiração mensal média
transu	Transpiração no dossel superior

transl	Transpiração no dossel inferior
suvap	Evaporação do solo
invap	Média mensal perda de interceptação
trunoff	Escoamento
srunoff	Escoamento na superfície
drainage	Média mensal de drenagem
vwc	Média mensal de conteúdo volumétrico de água
awc	Conteúdo de água disponível na planta
snod	Profundidade do gelo
snof	Fração do gelo
albedo	Média mensal do albedo
npptot	Produtividade primária líquida mensal
laiu	Índice de área foliar do dossel superior
laill	Índice de área foliar do dossel inferior

Tabela 5.7 – Nomes e descrição das variáveis do arquivo de dados anuais

inland-<versão>/output/inland-yearly-<ano>.nc	
exist	existence for each pft
npp	npp of carbon for each pft
npptot	total npp
anpptot	total above-ground npp
aet	average evapotranspiration
trunoff	total runoff
srunoff	surface runoff

drainage	drainage
wsoi	average soil moisture
wisoi	average soil ice
vwc	average volumetric water content
awc	average volumetric water content
tsoi	average soil temperature
plai	leaf area index for each pft
totlaiu	total lai for upper canopy
totlail	total lai for lower canopy
biomass	biomass for each pft
totbiou	total biomass for upper canopy
totbiol	total biomass for lower canopy
totfall	total litterfall
rootbio	total live root biomass carbon
totalit	total above ground litter carbon
totrlit	total below ground litter carbon
totcsoi	total soil carbon w/o litter
totcmic	total microbial carbon
totanlit	total above ground litter nitrogen
totrnlit	total below ground litter nitrogen
totnsoi	total soil nitrogen w/o litter
nmintot	total nitrogen mineralization
neetot	total net ecosystem echange carbon
caccount	end of year carbon correction

co2mic	total microbe respiration carbon
co2root	total root respiration carbon
co2soi	total soil respiration carbon
vegtype0	vegetation type
fu	fractional cover of upper canopy
f1	fractional cover of lower canopy
caccount	end of year carbon correction

5.3. Variáveis de entrada e saída para InLand/IBIS SINGLE-POINT

O conjunto de dados para inicialização e saída do InLand/IBIS SINGLE-POINT são arquivos em formato texto. Os dados de contorno (forçantes) e dados iniciais são encontrados no diretório inland-<versão>/data/input. A Tabela 5.8 informa os nomes dos arquivos de dados de contorno e sua descrição.

Tabela 5.8 – Nomes e descrição dos arquivos de dados de contorno do InLand/IBIS SINGLE-POINT

Nome do Arquivo	Descrição dos dados
soita.clay.nc	Porcentagem de argila nas camadas de solo
soita.sand.nc	Porcentagem de areia nas camadas de solo
surta.nc	Arquivo com dados de pontos de superfície. Utilizado para calcular “ <i>npoi</i> ” que define a área da simulação
topo.nc	Topografia

A Tabela 5.9 apresenta as variáveis meteorológicas representativas das condições atmosféricas iniciais para rodar o InLand/IBIS SINGLE-POINT.

Tabela 5.9 – Dados de entrada para o InLand/IBIS SINGLE-POINT

Nome da Variável	Sigla	Unidade
Radiação solar incidente	S_{in}	$W.m^{-2}$
Radiação de onda longa	L_{in}	$W.m^{-2}$

Temperatura do ar	T_a	$W.m^{-2}$
Velocidade horizontal do vento	u_a	$m.s^{-1}$
Precipitação	P	<i>mm/dia</i>
Umidade relativa do ar	U_R	%

Esses dados (de input) são definidos em um arquivo tipo texto, chamado de clim-input, o qual é procurado pelo modelo em:

`inland-<versão>/input/clim-input`

Dentro do arquivo clim-input as três primeiras colunas são, sequencialmente, indicativas do *ano*, *dia*, *hora* referentes aos dados da rodada. As colunas seguintes são obrigatoriamente utilizadas para os valores da velocidade do vento (u_a), temperatura do (T_a), precipitação (P), radiação solar incidente (S_{in}), radiação de onda longa (L_{in}) e umidade relativa do ar (U_R).

Exceto *ano*, *dia* e *hora*, as demais variáveis meteorológicas devem ser escritas com três casas decimais.

O nome do arquivo de saída é `single_point-output.csv`. A extensão “CSV” deste arquivo, significa que os dados de saída do InLand/IBIS SINGLE-POINT estão em formato comma-separated values (CSV). A lista de variáveis deste arquivo encontra-se logo abaixo na tabela 5.10

Tabela 5.10 – Lista de Variáveis do arquivo com extensão csv

Variável	Descrição	Unidades
SWnet	Net long wave radiation	W/m2
LWnet	Latent heat flux	W/m2
Qle	Sensible heat flux	W/m2
Qh	Ground heat flux	W/m2
Qg	Change in canopy heat storage	W/m2
DelCanHeat	Change in surface heat storage	J/m2
DelSurfHeat	Total Evapotranspiration	J/m2
Evap	Surface runoff	kg/m2/s
Qs	Recharge	kg/m2/s

Qrec	Subsurface runoff	kg/m ² /s
Qsb	Total runoff	kg/m ² /s
Qt	Change in soil moisture	kg/m ² /s
DelSoilMoist	Change in Surface Water Storage	kg/m ²
DelSurfStor	Change in interception storage	kg/m ²
DelIntercept	Water table depth	kg/m ²
WaterTableD	Vegetation Canopy Temperature	m
VegT	Temperature of bare soil	K
BareSoilT	Average surface temperature	K
AvgSurfT	Surface Albedo	K
Albedo	Surface Water Storage	-
SurfStor	Absorbed fraction of PAR	kg/m ²
fPAR	Layer soil moisture	-
SoilMoist	Average Layer soil temperature	kg/m ²
SoilTemp	Total Soil wetness	K
SoilWet	Interception evaporation	-
Ecanop	Vegetation transpiration	kg/m ² /s
Tveg	Bare soil evaporation	kg/m ² /s
Esoil	Open water evaporation	kg/m ² /s
Ewater	Root zone soil moisture	kg/m ² /s
RootMoist	Total canopy water storage	kg/m ²
CanopInt	Gross Primary Production	kg/m ²
GPP	Net Primary Production	kg/m ² /s
NPP	Net Ecosystem Exchange	kg/m ² /s

NEE	Autotrophic Respiration	kg/m ² /s
AutoResp	Heterotrophic Respiration	kg/m ² /s
HeteroResp	Aboveground Net Primary Production	kg/m ² /s
ANPP	Belowground Respiration	kg/m ² /s
BgResp	Leaf litterfall	kg/m ² /s
LitterFall	Size of each carbon pool	kg/m ² /s
CarbPools	Total Living Biomass	kg/m ²
TotLivBiom	Above ground woody biomass	kg/m ²
AbvGrndWood	Leaf Area Index	kg/m ²
LAI	Near surface air temperature	m ² m ⁻²
Tair	Near surface specific humidity	K
Qair	Near surface module of the wind	kg/kg
Wind	Rainfall rate	m/s
Rainf	Surface atmospheric pressure	kg/m ² /s
Psurf	Surface incident shortwave radiation	Pa
Swdown	Surface incident longwave radiation	W/m ²
Lwdown	Near surface CO ₂ concentration	W/m ²
CO ₂ air		ppmv

6.0 Referências Bibliográficas

Amthor, J.S. (1994), Scaling CO₂-photosynthesis relationships from the leaf to the canopy. *Photosynthesis*, 39, 321-350.

Bonan, G.B. (1995), Land-atmosphere CO₂ exchange simulated by a land surface process model coupled to an atmospheric general circulation model. *J. Geophys. Res.*, 100, 2817-2831.

Botta, A., Viovy, N., Ciais, P., Lingstein, F., Monfray, P. (2000), A global prognostic scheme of leaf onset using satellite data, *Global Change Biology*, 6, 709-725.

Campbell, G.S. & Norman, J.M. (1997), *An introduction to environmental biophysics*. 2^o ed. Springer Verlag, New York.

Collatz, G.J., Ball, J.T., Grivet, C., Berry, J.A. (1991), Physiological and environmental regulation of stomatal conductance, photosynthesis and transpiration: a model that includes a laminar boundary layer, *Agricultural and Forest Meteorology*, 54, 107–136.

Delire, C. & Foley, J. A. (1999), Evaluating the performance of a land surface/ ecosystem model with biophysical measurements from contrasting environments. *J. Geophys. Res.*, 104, 16895-16909.

Delire, C., Foley, J.A., Thompson, S. (2003), Evaluating the carbon cycle of a coupled atmosphere-biosphere model, *Global Biogeochemical Cycles*, 17, 1012.

Farquhar, G.D., von Caemmerer, S., Berry, J.A. (1980), A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C3 species, *Planta*, 149, 78–90.

Fisher, G.R. (2011), *Otimização multi-sítio de modelo de assimilação de carbono e aplicações em ecossistemas de cerrado e pastagem*. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 78 p.

Foley, J. A., Prentice, I. C., Ramankutty, N., Levis, S., Pollard, D., Sitch, S., Haxeltine, A. (1996), An integrated biosphere model of land surface processes, terrestrial carbon balance, and vegetation dynamics, *Global Biogeochemical Cycles*, 10 (4), 603–628.

Gochis, D.J., e outros. (2004), *A ten-year vision for research on terrestrial-atmospheric interactions: Advancing coupled land-atmosphere prediction*. CUAHSI Cyberseminar Series Vision Paper, 32 pp.

Hulme M., Barrow E.M, Arnell N.W., Harrison P.A., Johns T.C., Downing T.E. (1999), Relative impacts of human-induced climate change and natural climate variability. *Nature* 397, 688–691.

Imbuzeiro, H.M.A. (2005), *Calibração do modelo IBIS na floresta Amazônica usando múltiplos sítios*. Dissertação de mestrado em Meteorologia Agrícola. Viçosa, 67p.

Imbuzeiro, H.M.A. (2010), *Estimativa dos parâmetros de distribuição e profundidade do sistema radicular pela calibração de modelos micrometeorológicos – aplicação à floresta tropical Amazônica*. Tese de doutorado em Meteorologia Agrícola. Viçosa, 99p.

Kucharik, C.J., Foley, J.A., Delire, C., Fisher, V.A., Coe, M.T., Linters, J.D., Young-Molling, C., Ramankutty, N., Norman, J.M., Gower, S.T. (2000), Testing the performance of a dynamic global ecosystem model: water balance, carbon balance, and vegetation structure. *Global Biogeochemical Cycles*, vol.14, n.3, p. 795-825.

Leuning, R. (1995), A critical appraisal of a combined stomatalphotosynthesis model for C3 plants. *Plant. Cell Environ.*, 18, 339-355.

Li, K.Y. , Coe, M.T., Ramankutty, N., De Jong, R. (2007), Modeling the hydrological impact of land-use change in West Africa. *Journal of Hydrology*, 337, 258–268.

Parton, W.J., Scurlock, J.M.O., Ojima, D.S., Gilmanov, T.G., Scholes, R.J., Schimel, D.S., Kirchner, T., Menault, J.C., Seastedt, T., Garcia Moya, E., Kamnalrut, A., Kinyamario, J.I. (1993), Observations and modeling of biomass and soil matter dynamics for the grassland biome worldwide. *Global Biogeochemical Cycles*, Washington, v.7, p.785-809.

Pereira, M.P.S. (2006), Interação entre ecossistemas terrestres e a atmosfera na Amazônia: conexões biogeofísicas e biogeoquímicas. Dissertação de mestrado em Meteorologia Agrícola. Viçosa, 111p.

Prentice, I.C., Cramer, W., Harrison, S.P., Leemans, R., Monserud, R.A., Solomon, A.M. (1992), A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate. *Journal of Biogeography* 19,117–134.

Richards, L.A. (1931), Capillary conduction of liquids through porous mediums. *Journal of Applied Physics*, 1, 318.

Sellers, P.J., Berry, J.A., Collatz, G.J., Field, C.B., Hall, F.G. (1992), Canopy reflectance, photosynthesis and transpiration. Part III: A reanalysis using improved leaf models and a new canopy integration scheme. *Remote Sens. Environ.* 42:187-216.

Senna, M. C. A. (2008), Capacidade de regeneração da floresta tropical Amazônica sob deficiência nutricional: resultados de um estudo numérico da interação biosfera-atmosfera. Tese de doutorado, Universidade Federal de Viçosa, 126p.

Varejão, C.G.V. (2009), Calibração hierárquica multiobjetiva de um modelo de micrometeorologia e de dinâmica de ecossistemas terrestres. Dissertação de mestrado em Meteorologia Agrícola. Viçosa, 95p.

Verberne, E.L.J., Hassink, J., De Willigen, P., Groot, J.J.R., van Veen, J.A. (1990), Modelling organic matter dynamics in different soils. *Neth J. Agric. Sci.*, v. 38, p. 221-238.

Yanagi, S. N. M. (2006), Albedo de uma floresta tropical amazônica: medições de campo, sensoriamento remoto, modelagem, e sua influência no clima regional. Tese de doutorado em Meteorologia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, 128p.