

Campinas, SP  
Dezembro, 2011

### Autores

**Daniel de Castro Victoria**  
Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
daniel@cnpm.embrapa.br

**Ricardo Guimarães Andrade**  
Engenheiro Agrícola, Doutor em Meteorologia Agrícola, pesquisador da Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP  
ricardo@cnpm.embrapa.br

**Adriano Rolim da Paz**  
Engenheiro Civil, Doutor em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Professor Adjunto I do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba  
adrianorpaz@yahoo.com.br



## Banco de dados hidrometeorológicos do projeto HidroJipa

### Introdução

O projeto “Modelagem hidrológica e sensores orbitais para estudos de impactos de mudança de uso e cobertura das terras sobre a disponibilidade hídrica na Bacia do Rio Ji-Paraná (RO)” (HidroJipa) visa avaliar a utilização de dados oriundos de sensores remotos orbitais como fonte de dados para modelos hidrológicos de grandes bacias. O projeto em questão objetiva aplicar o MGB-PIH (Modelo de Grandes Bacias do Instituto de Pesquisas Hidráulicas) à Bacia do Rio Ji-Paraná, RO (Figura 1).

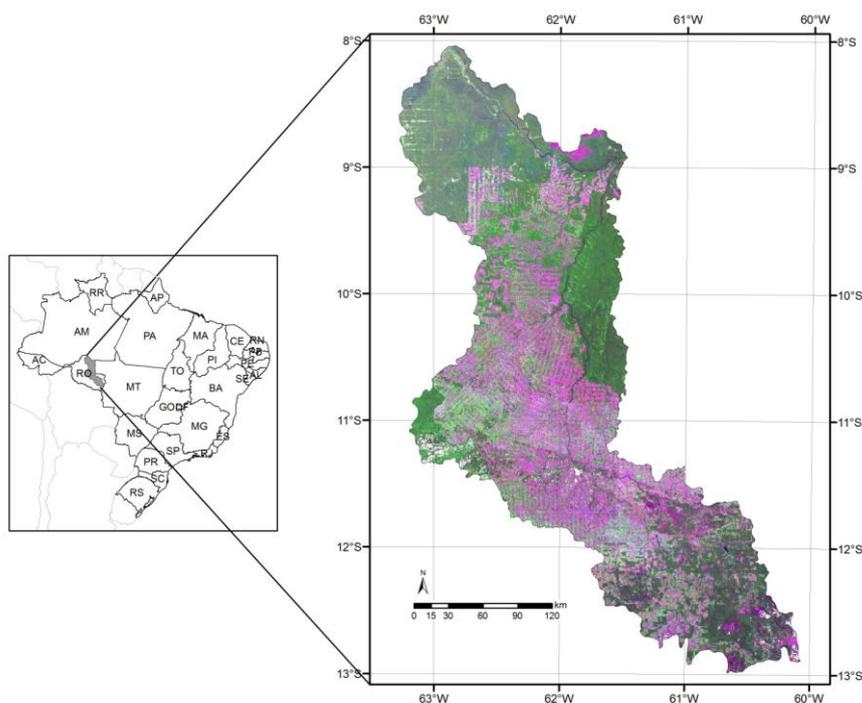


Figura 1. Localização da Bacia do Rio Ji-Paraná, RO.

Uma das etapas do projeto é a obtenção e organização de uma série de dados que caracterizem a bacia estudada, como informações pedológicas, topografia, cobertura vegetal, além de dados meteorológicos e fluviométricos de estações convencionais. Esta circular descreve as ferramentas e o banco de dados montado para armazenar as informações das estações fluviométricas e meteorológicas localizadas na área de estudo, disponível no *website* do projeto HidroJipa (<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/hidrojipa/>). Não é objetivo desta circular ser um tutorial para bancos de dados SQL ou para a extensão SQLite Manager, utilizada para o manuseio dos dados. Para isso, o leitor deve buscar outras fontes de informação, referenciadas ao longo do texto.

## Dados meteorológicos e fluviométricos necessários para a simulação MGB-IPH

O modelo MGB-IPH necessita de dados diários de estações fluviométricas e meteorológicas. Os dados fluviométricos são utilizados para a calibração e verificação da acurácia do modelo, por meio da comparação entre a vazão simulada e a observada nos postos fluviométricos. Já os dados meteorológicos são as forçantes do modelo, necessários para a simulação do ciclo hidrológico. Dados faltantes podem ser substituídos pelas médias mensais. Mais informações sobre o modelo MGB-IPH e os dados necessários podem ser encontradas em Collischonn (2001), Collischonn et al. (2007) e no website do modelo<sup>1</sup>. Os dados meteorológicos necessários para a utilização do modelo são: 1) temperatura máxima e mínima do ar; 2) precipitação; 3) velocidade do vento; 4) radiação incidente (ou insolação) e 5) umidade relativa do ar.

### Fontes e consistência dos dados

#### Dados fluviométricos

Os dados fluviométricos contidos no banco de dados foram obtidos junto à ANA (Agência Nacional de Águas), por meio do sistema online de informações hidrometeorológicas HidroWeb (ANA, 2011). Ao todo, 11 estações fluviométricas da ANA pertencentes à Bacia do Rio Ji-Paraná foram inseridas no banco. A Figura 2 mostra a localização de todas as estações contidas no banco de dados. A quantidade de dados disponível varia de estação para estação, sendo que algumas apresentam medidas de descarga desde o fim da década de 1970 e que os dados mais atuais se estendem até 2006. Ao todo, a tabela com os dados fluviométricos apresenta 94.235 registros. A estrutura das tabelas contidas no banco de dados será explicada mais adiante.

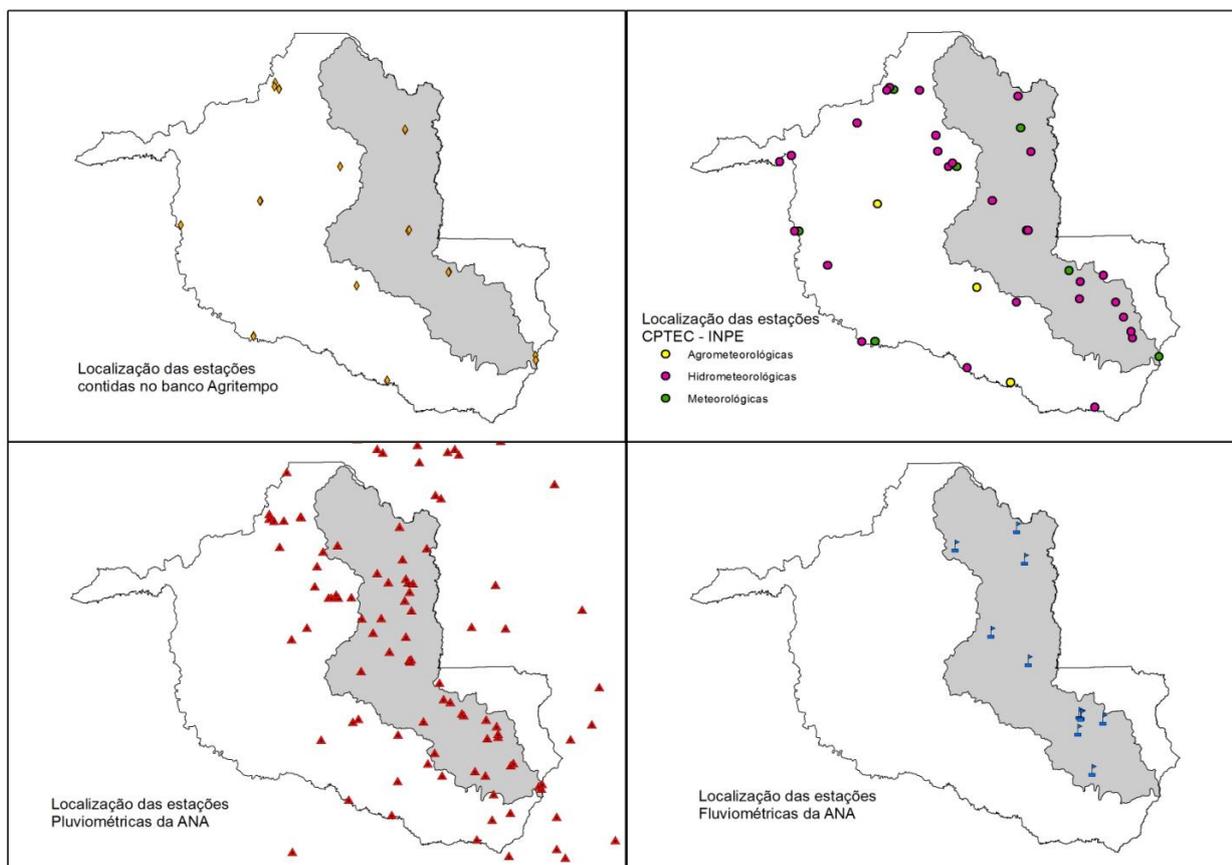


Figura 2. Localização das estações pluviométricas, fluviométricas e meteorológicas contidas no banco de dados.

<sup>1</sup> <http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/MGB-IPH/MGB.html>

Também foram inseridos no banco dados de 28 estações fluviométricas do Sinda (Sistema Nacional de Dados Ambientais), do Inpe (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) (INPE, 2011). Essas estações apresentam medidas do nível da régua fluviométrica, porém sem apresentar informações sobre a curva chave, o que impossibilita estimar a descarga nessas estações neste momento.

### ***Dados pluviométricos***

Os dados pluviométricos inseridos são provenientes de diferentes fontes:

- 106 estações pluviométricas do sistema HidroWeb
- 3 estações agrometeorológicas do Sinda
- 8 estações meteorológicas do Sinda
- 28 estações fluviométricas do Sinda (com dados de precipitação)
- 26 estações do Agritempo

As estações provenientes do HidroWeb e do Agritempo apresentam dados diários, enquanto as estações do Sinda contêm oito leituras diárias, abrangendo os anos de 2004 a 2010. Assim como o ocorrido com as estações fluviométricas, diversas estações pluviométricas apresentam períodos de falhas nas medidas e raramente deparamos com um longo período de observações. Além disso, algumas das estações inseridas no sistema são repetidas, uma vez que o banco de dados Agritempo reúne informações de diferentes fontes, principalmente do Inpe e Inmet (Instituto Nacional de Meteorologia), também listadas no Sinda.

### ***Dados meteorológicos***

Os dados meteorológicos inseridos no banco são provenientes de seis estações da ANA, das estações agrometeorológicas (três estações) e meteorológicas (oito estações) do Sinda e do Agritempo (26 estações).

Entre os dados provenientes da ANA, algumas estações apresentam leituras desde 1952, sendo a leitura mais recente a do ano de 2002. Os parâmetros medidos variam de estação para estação e incluem: temperatura máxima e mínima do ar, pressão atmosférica, umidade relativa, temperatura da água, leituras de evaporímetro e do tanque evaporimétrico, precipitação e insolação.

Os dados do sistema Agritempo incluem estações meteorológicas de diferentes instituições, como Inpe e Inmet, e apresentam medidas diárias de temperatura mínima e máxima do ar, umidade relativa mínima e máxima do ar e precipitação.

As estações meteorológicas do Sinda apresentam medidas de direção do vento, precipitação, pressão atmosférica, radiação solar acumulada, temperaturas máxima e mínima do ar, umidade relativa do ar, velocidade do vento, velocidade máxima do vento e hora do vento máximo, todos com oito leituras diárias. As estações agrometeorológicas do Sinda medem a quantidade de água no solo (200 mm e 400 mm), direção do vento, direção do vento máximo, precipitação, pressão atmosférica, radiação solar acumulada, radiação solar global, temperatura do ar, temperatura máxima e mínima do ar, temperatura do solo a 100 m, 200 m e 400 mm, umidade relativa do ar, velocidade do vento a 10 m, velocidade do vento a 5 m e velocidade do vento máximo.

### ***Consistência dos dados***

O banco de dados montado para o projeto teve o intuito de organizar e armazenar informações hidrometeorológicas disponíveis em diferentes fontes. Os dados compilados neste banco podem ser livremente acessados via internet, porém o uso comercial das informações não é permitido. Não é dada nenhuma garantia quanto aos dados disponibilizados, e tanto a Embrapa quanto as fontes originais dos dados não podem ser responsabilizadas por eventuais danos que provenham do uso desses dados.

É importante ressaltar que os dados das estações inseridas no banco não foram alvo de uma análise de consistência. Dessa forma, podem existir falhas ao longo da série temporal ou dados com valores duvidosos, portanto é recomendado que o usuário realize um controle de qualidade por meio de

análises temporais, espaciais e de coerência climatológica. Quanto aos dados provenientes da ANA, verificamos que esses apresentam dois níveis de consistência para os dados pluviométricos (brutos ou consistidos) e quatro níveis para dados fluviométricos.

## Banco de dados do projeto

O banco de dados foi montado utilizando a biblioteca SQLite, que possibilita a criação de bancos de dados relacionais que seguem os padrões definidos pela linguagem SQL (Structured Query Language). Diferentemente dos bancos de dados SQL tradicionais, um banco SQLite não necessita de um servidor de banco de dados, o que simplifica a sua implementação, pois dispensa a etapa de configuração dos serviços. Dessa forma, todo o banco de dados está contido em apenas um arquivo, que pode ser facilmente distribuído para outros usuários. Além das características de fácil implementação e distribuição dos dados, outras que levaram à escolha do SQLite foram:

- Software livre (*open source*), que não resulta em custos para o projeto;
- Fácil acesso aos dados do banco a partir de ferramentas gráficas ou por meio de linguagem de programação;
- Capacidade de armazenar grandes quantidades de informações (bancos com terabytes).

Mais informações sobre a linguagem SQL e a biblioteca SQLite podem ser encontradas no *website* <http://www.sqlite.org/>.

Como forma de interface para o banco de dados, recomenda-se o SQLite Manager<sup>2</sup>, uma extensão do navegador Firefox que permite ao usuário criar, gerenciar e realizar consultas em bancos SQLite. A extensão SQLite Manager é gratuita, pode ser instalada a partir do gerenciador de extensões do Firefox e é compatível com os sistemas operacionais mais comumente utilizados (Windows, Mac OS X, Linux).

A tela do SQLite Manager apresenta-se da seguinte maneira (Figura 3):

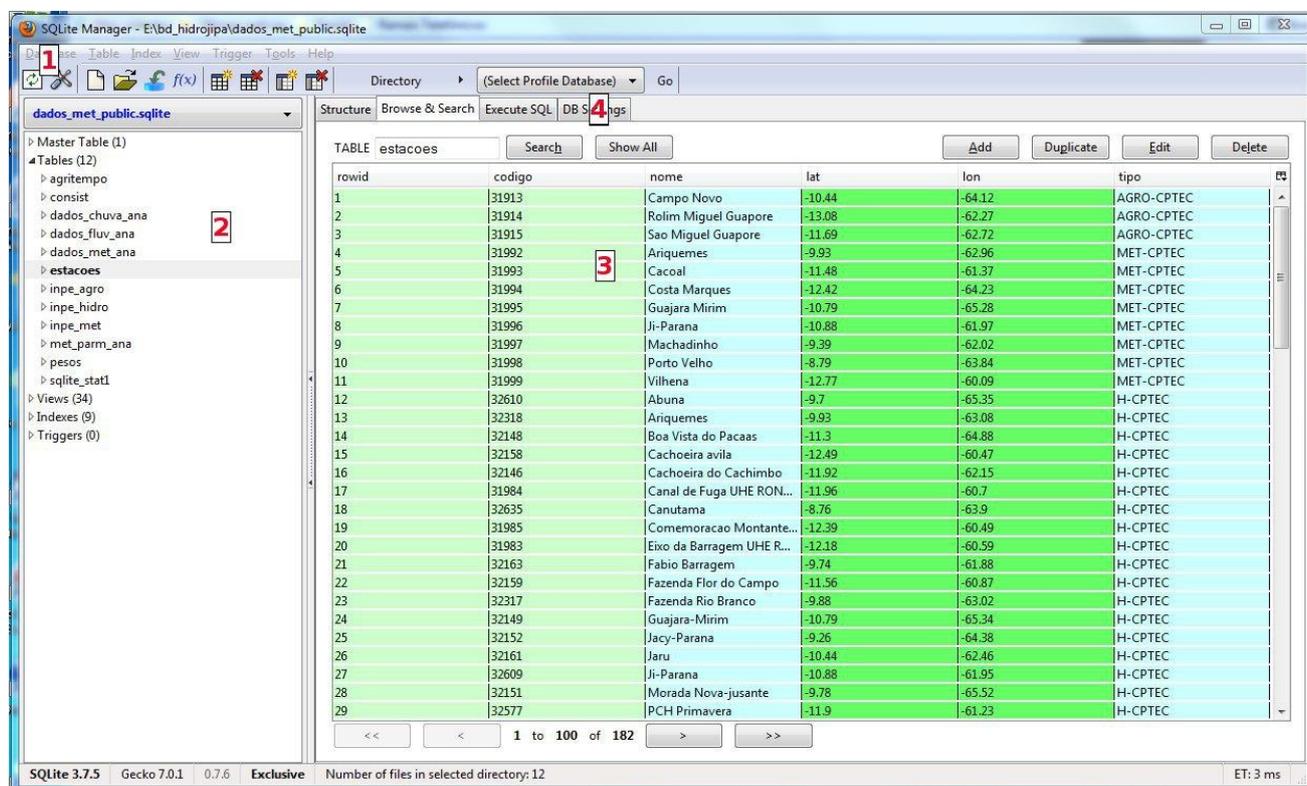


Figura 3. Tela do SQLite Manager.

<sup>2</sup> <https://addons.mozilla.org/en-US/firefox/addon/sqlite-manager/>

Na barra superior (1), são encontradas as opções para criar um novo banco de dados, abrir um banco já existente, além de adicionar e remover tabelas, importar dados de arquivos texto, gerar índices e visualizações (*views*), entre outras funcionalidades. Na coluna da esquerda (2), é listado o conteúdo do banco de dados (tabelas, *views*, índices). Nesse caso, o banco do projeto contém 12 tabelas e 34 *views*. A parte central da interface (3) varia de acordo a aba ativa (4), onde o usuário tem as opções de ver a estrutura da tabela ou *view* selecionada (*Structure*), ver os dados da tabela ou *view* (*Browse & Search*), executar algum comando SQL (*Execute SQL*) ou verificar as configurações do banco de dados (*DB Settings*). Mais informações sobre o SQLite Manager e suas funcionalidades podem ser encontradas no site <http://code.google.com/p/sqlite-manager/>.

O banco de dados do projeto contém 11 tabelas com dados hidrometeorológicos e uma tabela com informações internas do sqlite (*sqlite\_stat1*). O tamanho do banco é 166 Mb, e ele pode ser manipulado por computadores pessoais comuns, não há necessidade de usar máquinas com capacidade de processamento especial. A Figura 4 apresenta uma representação esquemática de todas as tabelas contidas no banco de dados e das relações entre elas. Uma descrição mais detalhada de cada tabela é apresentada a seguir.

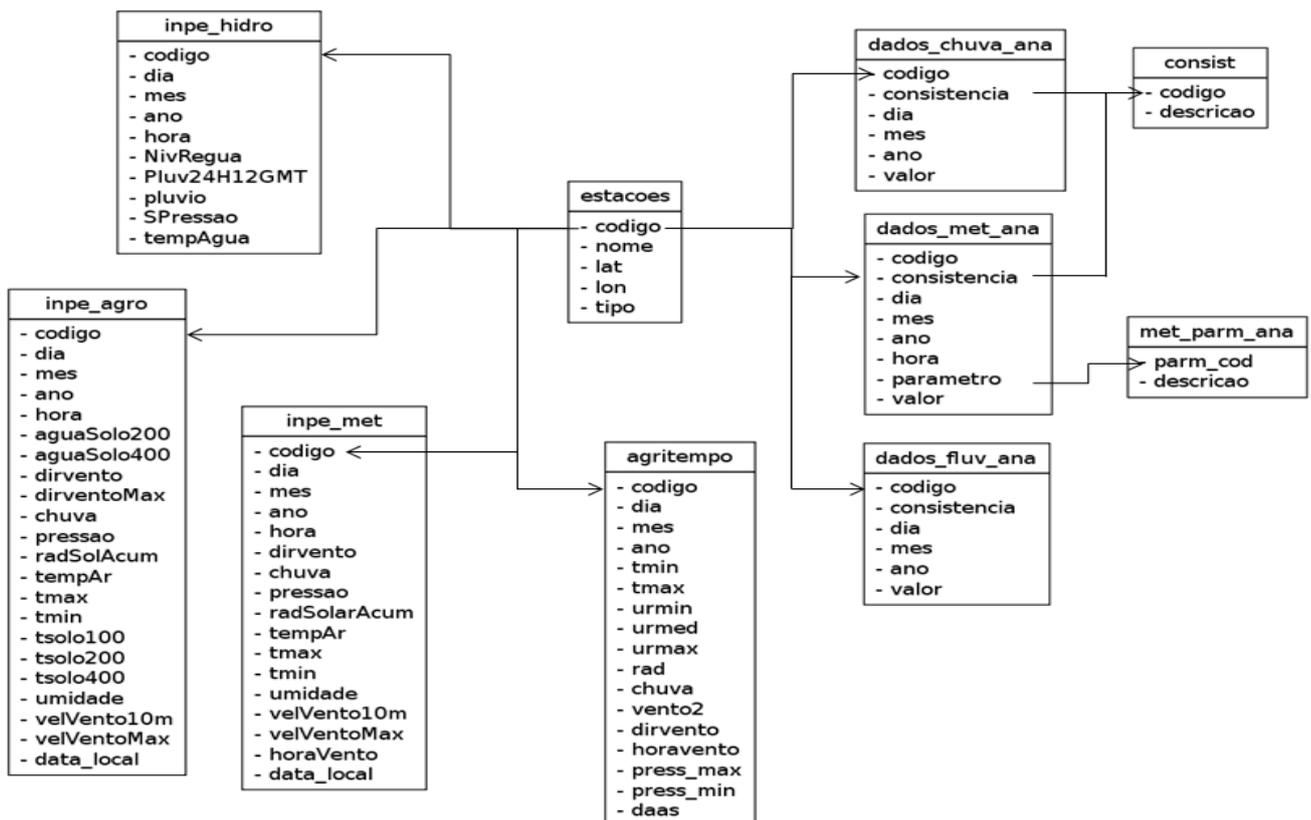


Figura 4. Representação esquemática das tabelas contidas no banco de dados e as relações entre suas colunas.

### ***Tabela das estações contidas no banco de dados (estacoes)***

Na tabela de estações (nome no banco: estacoes), estão listadas as estações contidas no banco de dados, identificando sua localização (latitude e longitude) e a fonte dos dados. A estrutura dessa tabela é apresentada a seguir.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
codigo	Código da estação Para estações da ANA e do Inpe, foram utilizados os mesmos códigos do banco de dados original; para estações Agritempo, foram gerados códigos próprios.
nome	Nome da estação
lat	Latitude da estação
lon	Longitude da estação
tipo	Tipo da estação: AGRO-CPTEC: agrometeorológica do Inpe MET-CPTEC: meteorológica do Inpe H-CPTEC: fluviométrica do Inpe ANA: Agência Nacional de Águas (pluviométrica ou meteorológica) Agritempo: estações do Agritempo Ana fluv: estações fluviométricas da ANA

### ***Dados de precipitação (dados\_chuva\_ana)***

Nesta tabela, estão listados os dados das estações pluviométricas da ANA. Ao todo, a tabela contém 902.923 registros.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
codigo	Código da estação (mesmo da tabela estações)
consistencia	Nível de consistência dos dados 1: Bruto 2: Consistido (A descrição dos valores está na tabela consist.)
dia	Dia da medida
mes	Mês da medida
ano	Ano da medida
valor	Precipitação (mm)

**Dados das estações meteorológicas da ANA (dados\_met\_ana)**

Tabela com dados das estações meteorológicas da ANA. Contém 335.746 registros.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
codigo	Código da estação (mesmo da tabela estações)
consistencia	Nível de consistência dos dados, semelhante à tabela de dados pluviométricos
dia	Dia da medida
mes	Mês da medida
ano	Ano da medida
hora	Hora da medida
Parametro	Parâmetro meteorológico medido (descrito na tabela met_parm_ana)
Valor	Medida do parâmetro

**Códigos de consistência (consist)**

Tabela descrevendo os códigos de consistência utilizados pelas estações pluviométricas e meteorológicas da ANA. Apresenta apenas duas colunas, uma com o código de consistência (1 ou 2) e sua descrição (bruto ou consistido, respectivamente).

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador da linha
codigo	Código do do nível de consistência
descricao	Descrição do do nível de consistência

**Códigos dos parâmetros meteorológicos medidos nas estações da ANA (met\_parm\_ana)**

Código dos parâmetros meteorológicos medidos nas estações da ANA.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
parm_codigo	Código do parâmetro
descricao	Descrição do parâmetro medido

**Dados diários de descarga das estações fluviométricas da ANA (dados\_fluv\_ana)**

Tabela com dados diários de descarga das estações fluviométricas da ANA. A tabela contém 94.235 registros.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
codigo	Código da estação (mesmo da tabela estações)
consistencia	Nível de consistência dos dados Difere da medida de consistência dos dados meteorológicos e pluviométricos. Valores: OK; Duvidoso; Estimado ou Régua Seca.
dia	Dia da medida
mes	Mês da medida
ano	Ano da medida
valor	Descarga medida (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) Valor -1 indica ausência de dados.

**Dados das estações agrometeorológicas do Sinda (inpe\_agro)**

Tabela contendo 47.253 registros das estações agrometeorológicas do Sinda.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
codigo	Código da estação (mesmo da tabela estações)
dia	Dia da medida
mes	Mês da medida
ano	Ano da medida
hora	Hora da leitura (GMT)
aguaSolo200	Conteúdo de água no solo a 200 mm (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
aguaSolo400	Conteúdo de água no solo a 400 mm (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )
dirvento	Direção do vento (0 = N)
dirventoMax	Direção do vento máximo
chuva	Precipitação acumulada (mm)
pressao	Pressão barométrica (mB)
radSolAcum	Radiação solar acumulada (MJ m <sup>-2</sup> )
tempAr	Temperatura do ar (°C)
tmax	Temperatura máxima do ar (°C)
tmin	Temperatura mínima do ar (°C)
tsolo100	Temperatura do solo, 100 mm (°C)
tsolo200	Temperatura do solo, 200 mm (°C)
tsolo400	Temperatura do solo, 400 mm (°C)
umidade	Umidade relativa
velVento10m	Velocidade do vento (m s <sup>-1</sup> )
velVentoMax	Velocidade máxima do vento (m s <sup>-1</sup> )
data_local	Data e hora local

**Dados das estações hidrometeorológicas do Sinda (inpe\_hidro)**

Tabela com 1.025.270 registros das estações hidrometeorológicas do Inpe.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
codigo	Código da estação (mesmo da tabela estações)
dia	Dia da medida
mes	Mês da medida
ano	Ano da medida
hora	Hora da leitura (GMT)
NivRegua	Nível de Régua (cota do rio, cm)
Pluv24H12GMT	Precipitação das últimas 24 horas (mm)
pluvio	Precipitação acumulada a cada leitura (mm)
SPressao	Pressão (da cota do rio)
tempAgua	Temperatura da água (°C)

**Dados das estações meteorológicas do Sinda (inpe\_met)**

Tabela com 127.317 registros das estações meteorológicas do Inpe.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
codigo	Código da estação (mesmo da tabela estações)
dia	Dia da medida
mes	Mês da medida
ano	Ano da medida
hora	Hora da medida (GMT)
dirvento	Direção do vento (0 é norte verdadeiro)
chuva	Precipitação (mm)
pressao	Pressão barométrica (mB)
radSolarAcum	Radiação solar acumulada (MJ m-2)
TempAr	Temperatura do ar (°C)
tmax	Temperatura máxima do ar das últimas 24 horas (°C)
tmin	Temperatura mínima do ar das últimas 24 horas (°C)
umidade	Umidade relativa do ar
velVento10m	Velocidade do vento (m s-1)
velVentoMax	Velocidade máxima do vento (m s-1)
horaVento	Hora da medida de velocidade máxima do vento
data_local	Data e hora local

**Dados de estações do Agritempo (agritempo)**

Tabela com 143.406 registros das estações do Agritempo.

Nome da coluna	Descrição
rowid	Identificador interno da linha da tabela
codigo	Código da estação (mesmo da tabela estações)
dia	Dia da medida
mes	Mês da medida
ano	Ano da medida
tmin	Temperatura mínima do ar (°C)
tmax	Temperatura máxima do ar (°C)
urmin	Umidade relativa mínima do ar (%)
urmed	Umidade relativa média do ar (%)
urmax	Umidade relativa máxima do ar (%)
rad	Radiação solar (tabela não apresenta dados)
chuva	Precipitação (mm)
vento2	Velocidade do vento a 2 m (m s-1)
dirvento	Direção do vento
horavento	Hora do vento máximo
press_max	Pressão barométrica máxima (mB)
press_min	Pressão barométrica mínima (mB)
daas	Disponibilidade de água no solo (mm)

**Tabela com pesos para auxiliar nos cálculos da média diária de temperatura e umidade relativa do ar (pesos)**

Tabela para auxiliar no cálculo de temperatura e umidade relativa média diária, a partir das fórmulas:

$$T_{med} = \frac{T_{max} + T_{min} + T_{9h} + 2 * T_{21h}}{5} \quad \text{e} \quad UR_{med} = \frac{UR_{9h} + UR_{15h} + 2 * UR_{21h}}{4}$$

Onde:

$T_{med}$  e  $UR_{med}$ : valor médio diário de temperatura ou umidade relativa;

$T_{max}$  e  $T_{min}$ : temperaturas máximas e mínimas;

$T_{9h}$  e  $T_{21h}$ : temperatura medida às 9 h e às 21 h;

$UR_{9h}$ ,  $UR_{15h}$  e  $UR_{21h}$ : Umidade relativa medida às 9 h, 15 h e 21 h.

Os pesos contidos nesta tabela são utilizados nas *views* que exportam os dados do banco.

## Views

Todas as consultas realizadas em um banco de dados SQL podem ser armazenadas de forma que o usuário possa acessá-las novamente mais tarde. Estas consultas são chamadas de *views*. No banco de dados em questão, estão disponíveis 34 *views* utilizadas para avaliar os dados. Selecionando qualquer uma das *views* disponíveis e escolhendo a aba *Structure*, o usuário pode verificar o comando SQL utilizado para criar a consulta. Para observar os resultados da consulta, o usuário deve escolher a aba *Browse & Search*. Também é possível criar novas consultas usando a aba *Execute SQL* e salvá-las como novas *views*. No banco de dados, estão inseridos dois tipos de *views*, um para a contagem do número de leituras e outro para a exportação dos dados no formato necessário para o MGB-IPH.

As *views* de contagem começam com a palavra *conta*. Por exemplo, a *view* *onta\_chuva\_ana\_consistido* fornece o número de medidas de chuva para cada ano, em cada estação pluviométrica da ANA. Já a *view* *conta\_chuva\_ana\_consistido\_ano* fornece os mesmos dados, porém organiza a tabela de forma diferente, com apenas uma linha por estação da ANA. Para ver os dados, basta ao usuário selecionar a *view* desejada e escolher a aba *Browse & Search*. O código SQL que gerou a consulta pode ser visto na aba *Structure*.

As *views* para exportação iniciam com a palavra *exporta* e foram criadas para facilitar a transferência dos dados para o modelo MGB-IPH. Nelas, são calculados os dados diários a partir dos dados produzidos de três em três horas pelo Inpe, e dados falhos são substituídos pelo valor -1.

## Conclusões

O banco de dados do projeto HidroJipa reuniu dados de diversas estações meteorológicas, fluviométricas e pluviométricas presentes na área de estudo, oriundos dos repositórios da Agência Nacional de Águas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e do Agridempo. Nesta etapa, não foram levados em consideração problemas de consistência nos dados ou repetição de informações (por exemplo, algumas estações estão incluídas em mais de uma base de dados).

O uso de um banco de dados que segue as especificações SQL permite que diversos aplicativos e plataformas tenham acesso às informações. Por exemplo, é possível acessar as informações a partir de diferentes linguagens de programação, o que possibilita a criação de programas e funções específicas para tratar e exportar os dados meteorológicos. Também é possível realizar a ligação direta entre o banco de dados SQL com sistemas de informações geográficas, permitindo a interpolação dos dados e análises espaciais mais complexas.

O uso da biblioteca SQLite permitiu a criação de um banco de dados que pode ser facilmente distribuído, sem a necessidade de se utilizar um servidor próprio. Outra vantagem do SQLite é que este é um software livre, de código aberto e gratuito, que dispensa a compra de licenças.

O banco de dados descrito pode ser obtido no *website* do projeto HidroJipa.

## Referências

ANA. Agência Nacional de Águas. **HidroWeb, Sistema de Informações Hidrológicas**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: 14 nov. 2011.

COLLISCHONN, W. **Simulação hidrológica de grandes bacias**. 2001. 270 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<http://galileu.iph.ufrgs.br/collischonn/ClimaRH/teses/teseWalter.htm>>. Acesso em: 02 mar. 2010.

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; SILVA, B. C.; TUCCI, C. E. M. The MGB-IPH model for large scale rainfall runoff modeling. **Hydrological Sciences Journal**, v. 52, n. 5, p. 878-895, 2007.

INPE. **SINDA - Sistema Nacional de Dados Ambientais**. Disponível em: <<http://sinda.crn2.inpe.br/PCD/>>. Acesso em: 14 nov. 2011.

### Circular Técnica, 16

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Monitoramento por Satélite**  
Endereço: Av. Soldado Passarinho, 303  
Fazenda Chapadão, CEP 13070-115 Campinas, SP  
Fone: (19) 3211-6200  
Fax: (19) 3211-6222  
E-mail: [sac@cnpm.embrapa.br](mailto:sac@cnpm.embrapa.br)  
[www.cnpm.embrapa.br](http://www.cnpm.embrapa.br)

1ª edição  
1ª impressão (2011): versão on-line



Ministério da  
Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento



### Comitê de publicações

**Presidente:** *Cristina Criscuolo*  
**Secretária:** *Shirley Soares da Silva*  
**Membros:** *Bibiana Teixeira de Almeida, Daniel de Castro Victoria, Davi de Oliveira Custódio, Graziella Galinari, Luciane Dourado e Vera Viana dos Santos*

### Expediente

**Supervisão Editorial:** *Cristina Criscuolo*  
**Revisão de texto:** *Bibiana Teixeira de Almeida*  
**Normalização bibliográfica:** *Vera Viana dos Santos*  
**Diagramação eletrônica:** *Shirley Soares da Silva*