

ATLAS HIDROLÓGICO COMO FERRAMENTA DE APOIO AO PLANEJAMENTO

W.J. Nogueira, R.L.L.Porto, H.L. Neto, M.Takiishi, L.C.Oliveira, L.E.G.Grisotto

RESUMO

A preocupação crescente com o risco de escassez de água motivou a Agência Nacional de Águas – ANA a elaborar um amplo diagnóstico dos mananciais e sistemas de produção nos municípios brasileiros, intitulado *Atlas de Abastecimento Urbano de Água*. Um dos objetivos desse estudo foi definir futuros mananciais a serem utilizados para garantir a oferta de água nas sedes urbanas até 2025. Para auxiliar nesse estudo, foi desenvolvido um *software*, o Atlas Hidrológico, cujo principal desafio foi a determinação das disponibilidades hídricas mediante a seleção das variáveis hidrológicas e de estudos de regionalização de vazões e a homogeneização dos dados de entrada. Esse *software* constituiu-se num instrumento fundamental para os estudos do *Atlas de Abastecimento Urbano*, agilizando a determinação das disponibilidades hídricas e apoiando o planejamento de soluções de ampliação ou implantação de sistemas de produção de água.

1 INTRODUÇÃO

O Atlas Hidrológico é um *software* que foi desenvolvido em parceria com o Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LabSid), da Escola Politécnica da USP, para embasar a elaboração do *Atlas de Abastecimento Urbano de Água*, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2011). Este último consiste de um amplo diagnóstico dos mananciais e sistemas de produção de água do conjunto dos municípios brasileiros.

O *software* é uma ferramenta bastante simples, onde se reúnem todas as informações dos estudos hidrológicos existentes para todas as regiões do País, a fim de verificar a quantidade de água disponível nos mananciais estudados. O Atlas Hidrológico homogeneizou os dados de entrada para obtenção dos valores típicos de vazão em apenas duas variáveis: o ponto requerido com sua coordenada e a respectiva área de drenagem. Deste modo, foi possível determinar a disponibilidade hídrica de uma seção de um curso d'água.

A elaboração do Atlas Hidrológico foi dividida nas seguintes etapas: (i) levantamento, coleta e análise de dados hidrológicos, estudos de regionalização de vazões e mapas de potencialidades hídricas; (ii) sistematização de dados; (iii) construção do *software*; (iv) avaliação, teste e aplicação dos resultados. Constituem a área de abrangência do estudo 16 Estados: Acre, Amapá, Amazonas, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Paraná, Rio de Janeiro, Rondônia, Roraima, São Paulo, Tocantins (ver Figura 1).



Fig. 1 Área de Abrangência do Atlas Hidrológico

1.1. Atlas do Abastecimento Urbano de Água

Apesar de o Brasil apresentar uma grande disponibilidade hídrica, não há uma distribuição igualitária por suas regiões, tanto em termos espaciais quanto temporais. A escassez hídrica de algumas regiões e a adversidade das condições de suprimento de água à população urbana brasileira vem sendo objeto de estudos há vários anos, sem que tenham sido implantadas soluções globais que permitam equacionar em definitivo os frequentes déficits de abastecimento.

O Atlas de Abastecimento Urbano de Água insere-se em um contexto amplo de planejamento, oferecendo, com detalhes, um portfólio de projetos e obras abrangentes e disponibilizando ferramentas adequadas para a programação de ações de longo prazo e para a identificação de intervenções emergenciais.

Um dos objetivos principais desse estudo foi avaliar a disponibilidade hídrica e a qualidade da água dos recursos hídricos atuais, a fim de definir os futuros mananciais que serão utilizados na garantia da oferta de água para o abastecimento de todas as sedes urbanas brasileiras até o ano de 2025. Com essa finalidade, foi desenvolvido o Atlas Hidrológico, que serviu de ferramenta para a obtenção dos valores de vazões requeridos.

2 ATLAS HIDROLÓGICO

O principal desafio para a determinação das disponibilidades hídricas foi a seleção das variáveis hidrológicas e de estudos de regionalização de vazões que permitissem a espacialização e a maior precisão dos resultados. Para a obtenção desses dados a elaboração do Atlas Hidrológico foi dividida em quatro etapas, apresentadas a seguir.

2.1. Levantamento, coleta e análise de dados

Para elaboração do *software* foram consultados todos os estudos hidrológicos existentes no Brasil. Esses estudos, segundo Tucci (2002), são elaborados para avaliar o comportamento físico da ocorrência e o aproveitamento da água da bacia hidrográfica, quantificando os recursos hídricos no tempo e no espaço e avaliando os impactos da modificação da bacia sobre o comportamento dos processos hidrológicos.

Após o levantamento desses estudos, optou-se por utilizar como base para o Atlas Hidrológico apenas os estudos considerados oficiais para cada estado da federação. Para os que não possuíam um estudo eleito, adotou-se o referente à bacia hidrográfica correspondente ou mais próxima ao limite estadual. Quando não foi possível trabalhar com nenhum dos dois critérios, fez-se um estudo de regionalização preliminar e específico por sub-bacia hidrográfica. A Figura 2, a seguir, apresenta a divisão da área contemplada de acordo com esses critérios.

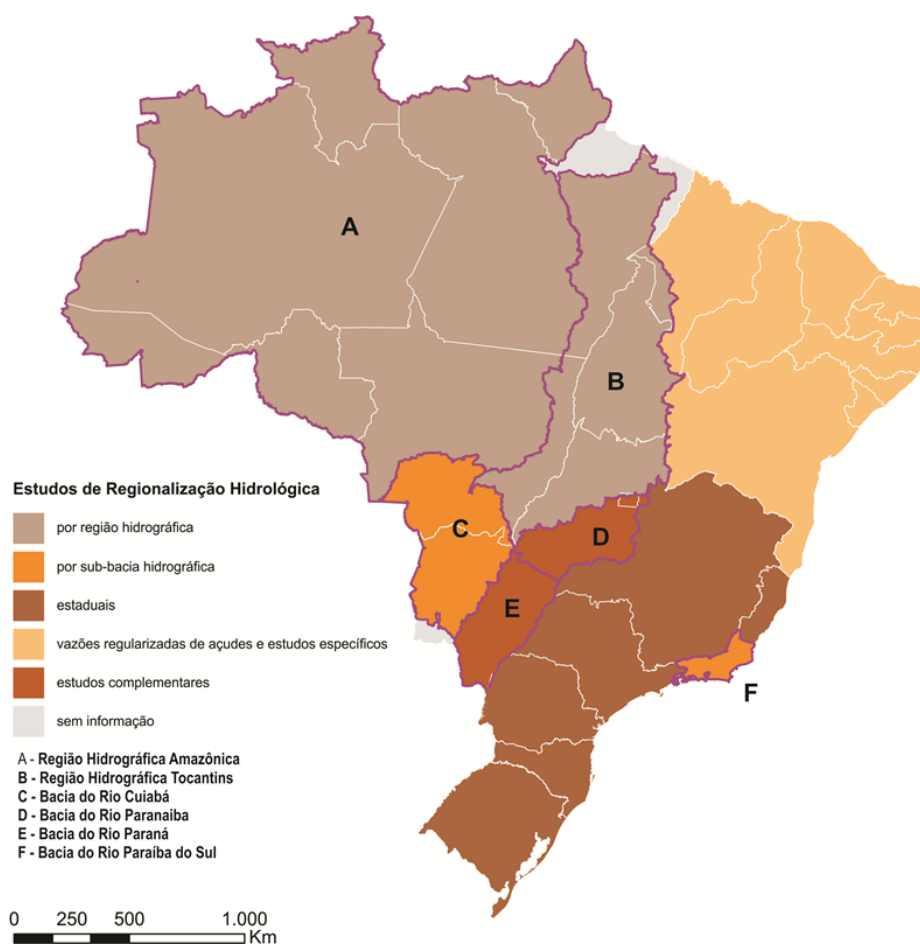


Fig. 2 Estudos de Regionalização

2.2. Sistematização de dados

A dificuldade de obtenção de dados para os estudos em hidrologia e recursos hídricos leva a buscar formas de transferência de informações de um local para o outro da bacia. A regionalização consiste num conjunto de ferramentas que exploram ao máximo as informações existentes, visando à estimativa das variáveis hidrológicas em locais sem dados suficientes (Tucci, 1993).

Os estudos de regionalização hidrológica utilizam dados de monitoramento hidroclimáticos disponíveis, definindo um ou mais conjuntos de procedimentos que permitem estimar valores de algumas variáveis (hidrológicas) de interesse em trechos de bacias ou sub-bacias com escassez de dados observados. Para inclusão na base de dados do sistema, foram digitalizadas e vetorizadas todas as informações contidas nos estudos hidrológicos previamente definidos.

Entretanto, na grande maioria das regiões hidrográficas nacionais, o monitoramento hidrométrico, principalmente, apresenta limitações quanto à faixa de cobertura das áreas de contribuição, sendo mais frequente a inexistência de observações para pequenas drenagens.

Esse fato restringe o campo de aplicação das expressões regionais para pequenas áreas onde os resultados obtidos devem ser considerados com algumas ressalvas. Além disso, por se utilizarem formulações matemáticas, em alguns casos os valores resultantes para pequenas áreas são inconsistentes numericamente (para os trechos de extrapolação das relações funcionais) e/ou fisicamente (produtividade hídrica aquém ou além do esperado para determinado manancial).

Para evitar essas situações, adotou-se como critério limitar a aplicação da metodologia de regionalização hidrológica, restringindo a aplicação das expressões regionais às pequenas áreas de drenagem. Admitiu-se um valor mínimo de área de drenagem para as regiões homogêneas, calculando-se as vazões características para essa referência.

Para cada região estudada, foi considerada uma área mínima correspondente. No caso de inserção de uma área de drenagem menor que a área mínima estipulada para a região, o sistema não a reconhece e define um círculo de área igual a esta, com centro no ponto indicado. Ele calcula então as vazões para a área de drenagem correspondente ao círculo e corrige para a área dada por proporcionalidade.

Nos casos em que as áreas de drenagem são muito extensas e compartilham bacias hidrográficas, adota-se a coordenada do ponto de captação inserido para identificação da região de cálculo. O cálculo é realizado para a parte pertencente à região identificada e a outra parte, que foi extrapolada para outra bacia, é calculada por proporcionalidade de área.

2.3 Construção do *software*

O Atlas Hidrológico foi desenvolvido em uma plataforma SIG – Sistemas de Informações Geográficas, utilizando o *software* livre TatukGis, com banco de dados SQLServer.

Os Sistemas de Informações Geográficas buscam trabalhar as relações espaciais e, em lugar de simplesmente descrever os elementos, podem traçar cenários, simulações de fenômenos, com base em tendências observadas. Assim, os dados armazenados nos SIGs

constituem uma ferramenta útil na geração de modelos para previsão de dados distribuídos espacialmente (Christofoletti et al.,1992).

O Atlas Hidrológico possui uma base de dados geográfica carregada e fixa que é composta de arquivos no formato *shapefiles* com as seguintes especificações: (a) Projeção de Referência: Projeção Cônica Albers de igual área; (b) Datum de Referência: Sad69 (South American Datum 1969). Nessa base geográfica está contida divisão política estadual e municipal brasileira (IBGE 2005).

Na Figura 3 é possível visualizar a tela inicial do sistema Atlas Hidrológico.

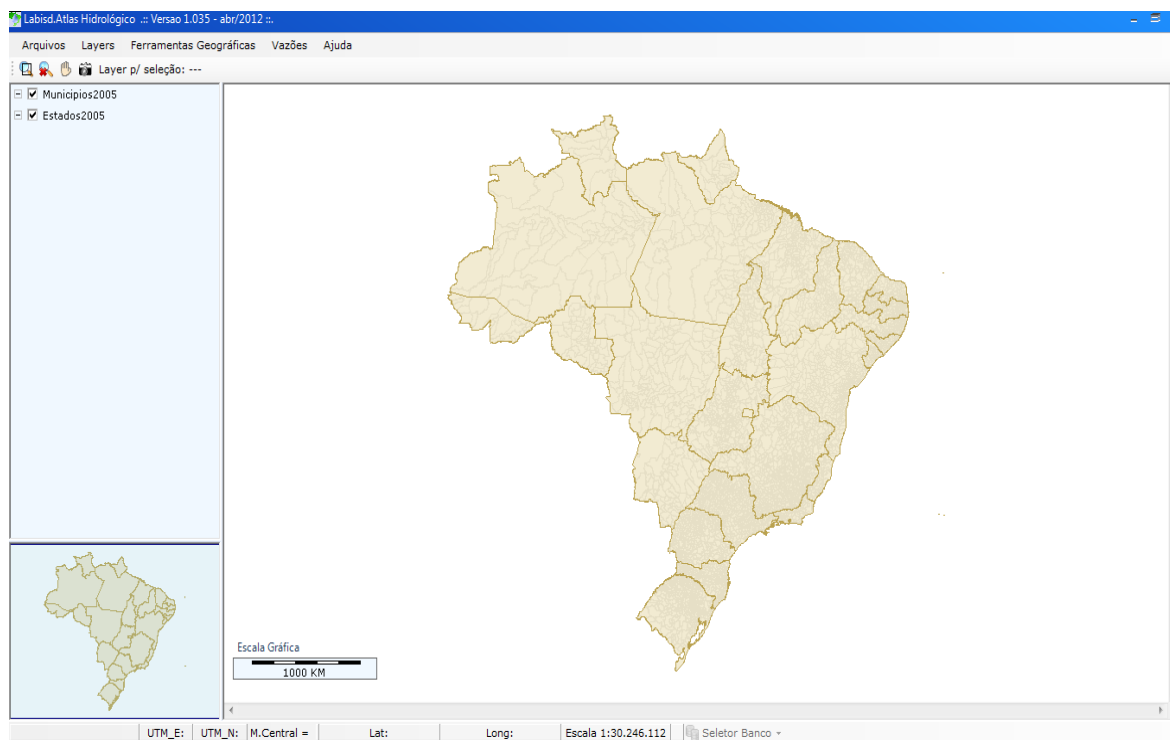


Fig. 3 Tela inicial do Sistema Atlas Hidrológico

No banco de dados do sistema estão contidas as camadas de informações referentes aos estudos de regionalização. Sobre a base principal é possível carregar e visualizar outras camadas de informação, escolhidas a critério do usuário. Estes *shapefiles* ficam armazenados em uma base de dados SQLServer que deve ser configurada previamente em um servidor de banco de dados.

A partir da base de dados e das metodologias adotadas são efetuados os cálculos da disponibilidade hídrica. Para cada ponto informado, o sistema identifica o estudo de regionalização associado e efetua as operações geográficas e cálculos correspondentes.

As Figuras 4, 5 e 6, a seguir, exemplificam as camadas de informações do estudo de regionalização utilizado, neste caso, para o Estado de São Paulo.

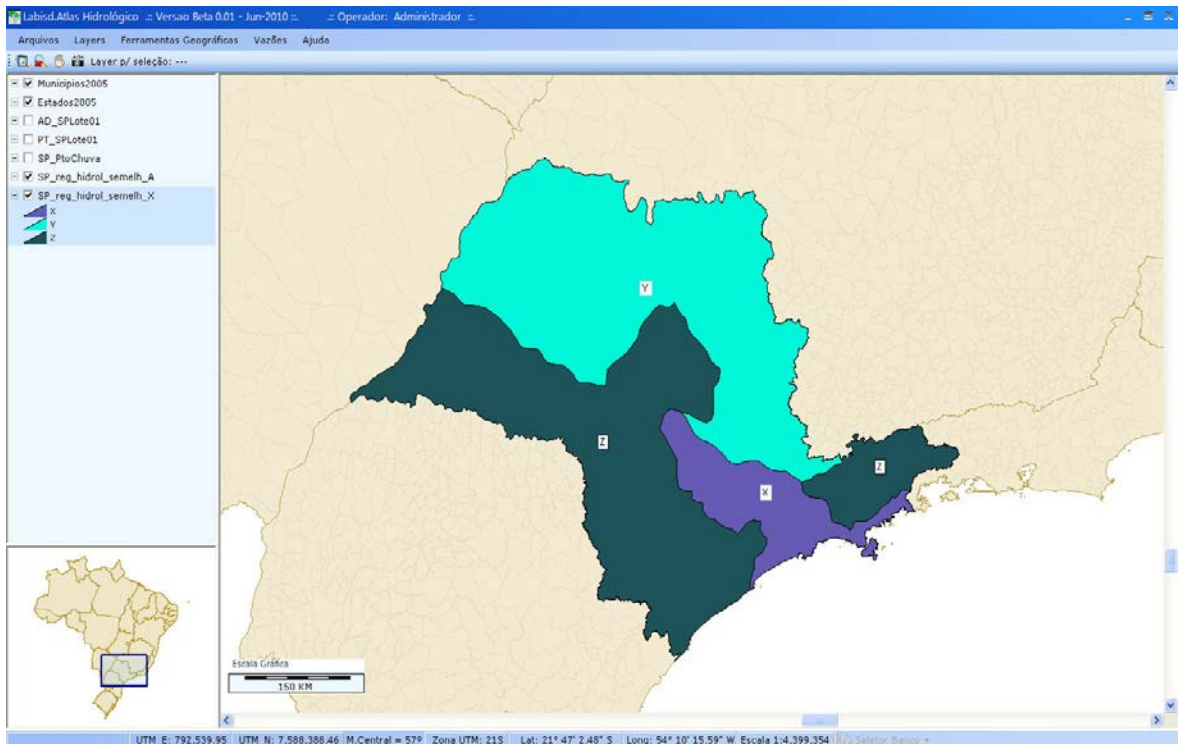


Fig. 4 Regiões hidrológicas semelhantes quanto ao parâmetro C

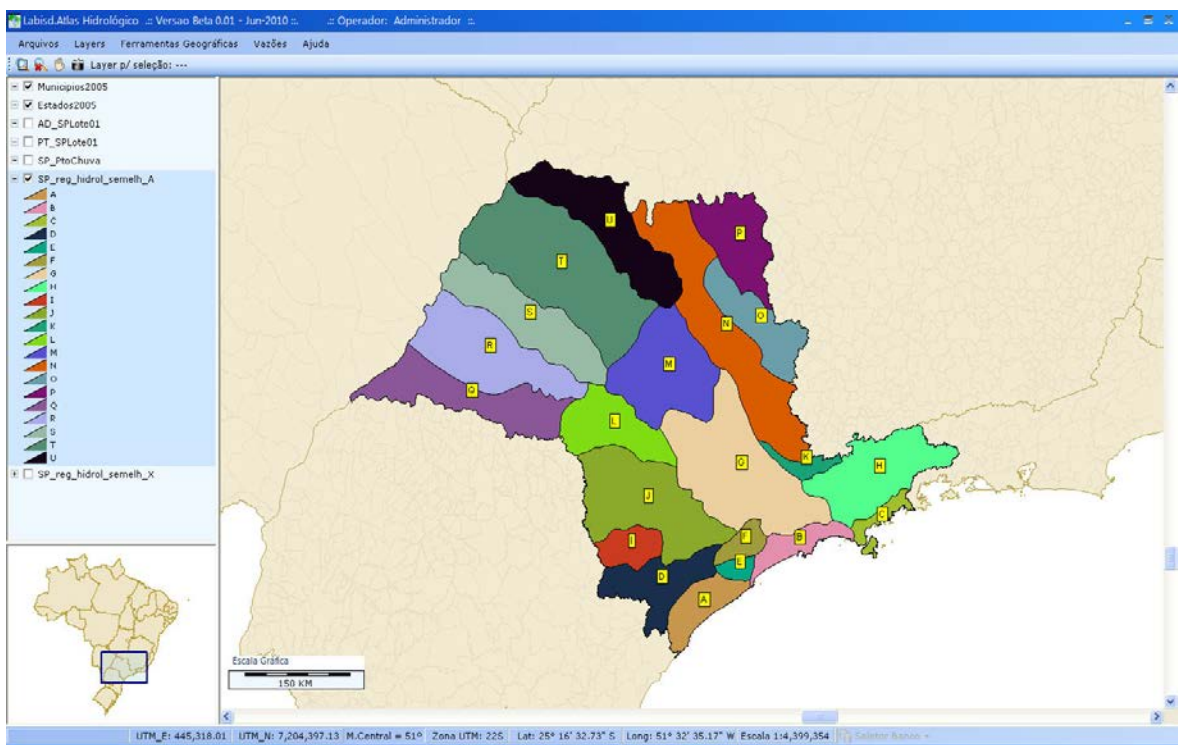


Fig. 5 Regiões hidrológicas semelhantes

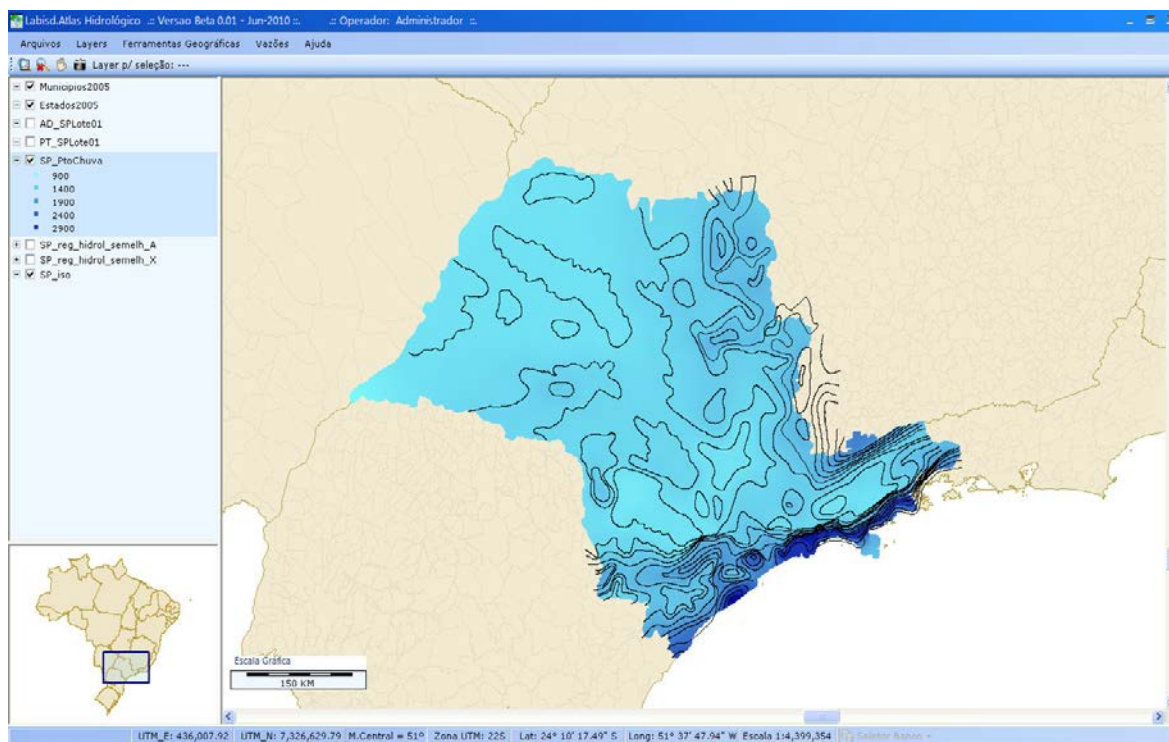


Fig. 6 Isoietas médias anuais

Respeitando o recorte dos limites estaduais e utilizando os diferentes métodos de cada estudo de regionalização, o Atlas Hidrológico homogeneizou os dados de entrada para obtenção dos resultados em apenas duas variáveis, ponto requerido com coordenada e sua respectiva área de drenagem. O sistema permite ainda a importação e exportação de arquivos de/para o formato *shapefile* (ArcGis), bem como planilhas Excel.

A interface usuário-sistema é composta pelos seguintes itens: (i) Menu principal; (ii) Barra de botões; (iii) Barra de status; (iv) Três quadros de dimensões ajustáveis; (v) Mapa principal; (vi) Minimapa.

2.4 Avaliação, teste e aplicação dos resultados

O funcionamento do sistema inicia-se a partir da demanda de um usuário, que fornece, via arquivo *shapefile*, um conjunto de pontos dos quais se deseja conhecer a disponibilidade hídrica, bem como os polígonos correspondentes às áreas de drenagem dos pontos indicados (ver Figura 7).

Para cada *shapefile* processado, os resultados são fornecidos na forma de tabelas, contendo os atributos dos pontos, as vazões calculadas: Q90%, Q95%, Q7,10, etc. e os parâmetros específicos do estudo de regionalização adotado.

O *software* permite que a tabela de resultados seja importada para uma planilha em Excel, como mostra a Figura 8.

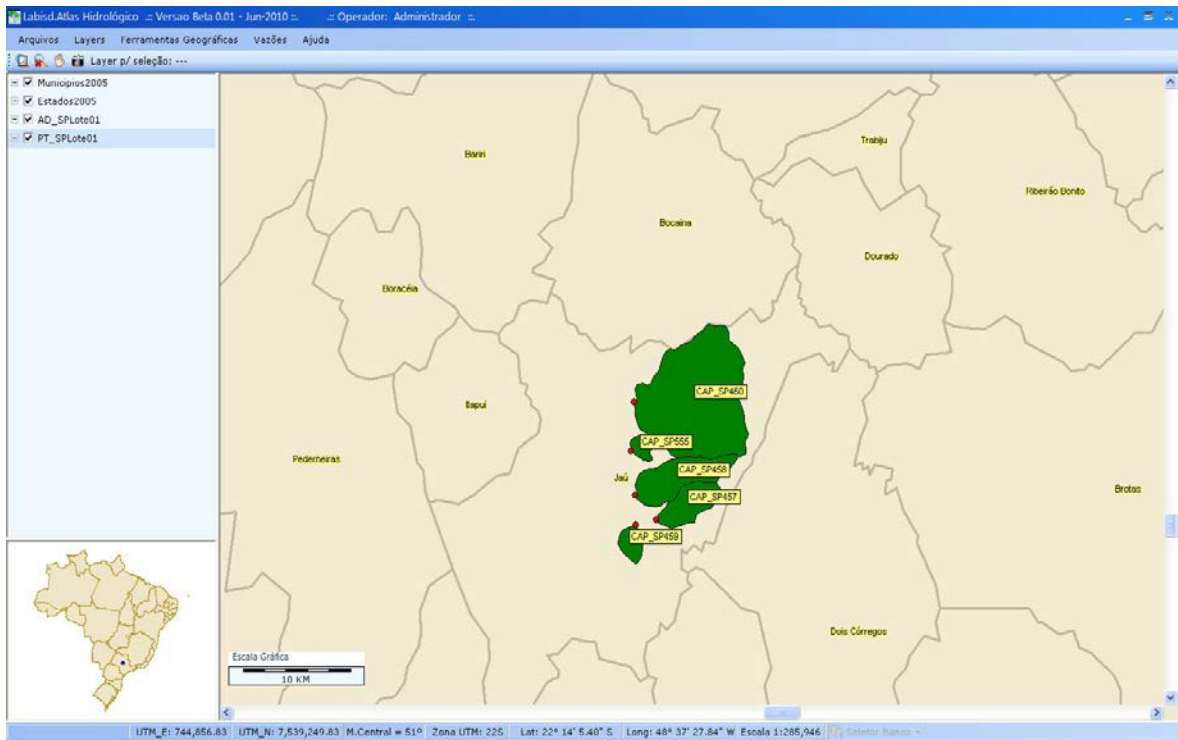


Fig. 7 Inserção de pontos e áreas de drenagem

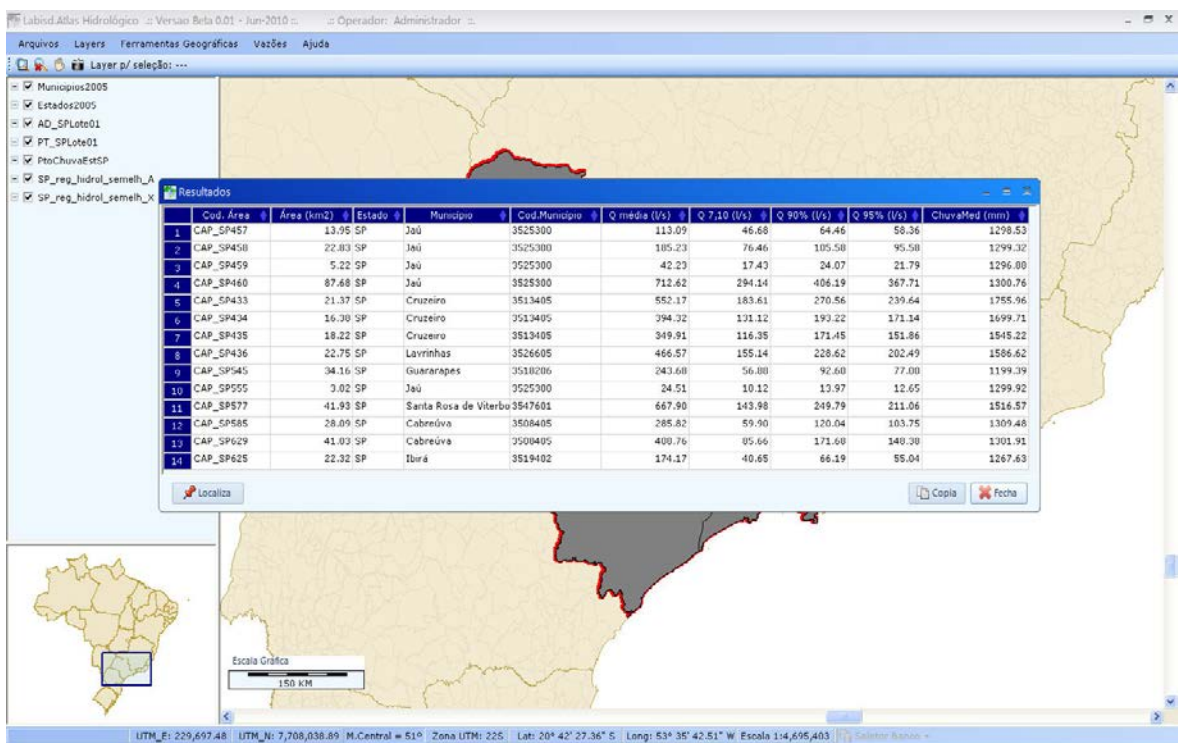


Fig. 8 Tabela de resultado

Com base nesses aspectos, o Atlas Hidrológico foi utilizado para determinar as disponibilidades hídricas em mananciais de 16 Estados, das cinco regiões brasileiras, mostrando-se uma ferramenta eficaz, ágil, de fácil operação e, principalmente, com resultados adequados às realidades estudadas.

3 CONCLUSÃO

O desenvolvimento do Atlas Hidrológico constituiu-se num instrumento fundamental para os estudos do Atlas de Abastecimento Urbano de Água, agilizando a determinação das disponibilidades hídricas e apoiando o planejamento de soluções de ampliação ou implantação de novos sistemas de produção de água. Recomenda-se que esse aplicativo seja utilizado e, futuramente, integrado a outros modelos e sistemas de gestão de recursos hídricos, pois; diferentemente dos modelos de cálculos utilizados hoje para se obter os valores de vazões, o sistema precisa de apenas dois dados de entrada para gerar os resultados desejados e é também uma maneira de uniformizar os estudos utilizados.

4 REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Águas – ANA (2011). **Atlas de Abastecimento Urbano de Água.**

Agência Nacional de Águas – ANA (2007). **Plano Estratégico de Recursos Hídricos da Bacia dos Rios Tocantins e Araguaia – Relatório do Diagnóstico, Anexo 9: Disponibilidade Hídrica Superficial.**

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2002). **Relatório-síntese do trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-bacia 24.**

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2002). **Regionalização Hidrológica – Bacia Amazônica.** Fundação Universidade de Brasília – FUB e Universidade de Brasília – UNB.

Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM (2002). **Relatório-síntese do trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-bacia 33.**

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2002). **Relatório-síntese do trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-bacia 58.**

Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL e Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM (2002). **Relatório-síntese do trabalho de Regionalização de Vazões da Sub-bacia 59.**

Christofolletti *et al* (1992). **Introdução aos Sistemas de Informação Geográfica**, Rio Claro, Edição do Autor, pg.80.

Companhia de Saneamento de Minas Gerais – COPASA (1993). **Deflúvios Superficiais no Estado de Minas Gerais.**

Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE (1982). **Regionalização Hidrológica no Estado de São Paulo.**

Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal (1997). **Plano de Conservação da Bacia do Alto Paraguai.** Editora: Programa Nacional do Meio Ambiente.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (2005). **Divisão Política Estadual e Municipal Brasileira.**

Instituto Estadual de Meio Ambiente – IEMA (2008). **Cadastro de Usuários de Água e Aperfeiçoamento da Sistemática de Outorga de Uso de Recursos Hídricos de Domínio.** Espírito Santo.

Souza, P. (1989). Aproveitamentos Hidrelétricos de Pequeno Porte – **Regionalização de Vazões de Estiagem, de Curvas de Permanência e de Vazões Máximas de Pequenas Bacias Hidrográficas do Estado do Paraná,** in Projeto HG-52, Centro de Hidráulica e Hidrologia – CEHPAR.

Tucci, C.E.M. (2002). **Regionalização de vazões.** Editora da Universidade. UFRGS. 1ª edição. Porto Alegre, 256p.

Tucci, C.E.M. (1993). **Hidrologia Ciência e Aplicação.** Edusp Editora da Universidade ABRH, 952p.

Vergara, F.E. (2007). Suporte Metodológico para a Gestão Estratégica de Conflitos Relacionados ao Uso dos Recursos Hídricos. **Tese de Doutorado em Tecnologia Ambiental Recursos Hídricos,** Publicação PTARH. TD – 04/07, Departamento de engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 258p.