

## DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DO SISTEMA COMPUTACIONAL SAGA/GEARH (SISTEMA DE APOIO À GESTÃO DAS ÁGUAS)

Edmilson Costa Teixeira<sup>1</sup>; Marco Aurelio Ripper Santos<sup>1</sup>; Célio Bartole Pereira<sup>1</sup>;  
Cinthia Barroca de Castro<sup>1</sup>; Antônio Sérgio Ferreira Mendonça<sup>1</sup> & Daniel Rigo<sup>1</sup>

**Resumo** - Este trabalho apresenta o Sistema de Apoio à Gestão das Águas – SAGA/GEARH, um sistema computacional desenvolvido para formação de banco de dados no projeto GEARH-NES realizado pelo GEARH/UFES em parceria com o IEMA, o INCAPER e o IPES com recursos do Fundo Setorial CT-HIDRO/FINEP. A diversidade das informações necessárias à gestão de recursos hídricos e as várias ferramentas desenvolvidas para trabalhar essas informações são fatores que aumentam o nível de dificuldade na gestão de recursos hídricos. Desenvolver uma ferramenta capaz de acomodar em um banco de dados as diversas informações relativas à gestão de recursos hídricos e de permitir que várias outras ferramentas possam fazer usos dessas informações, foi o que motivou o desenvolvimento do sistema SAGA/GEARH. Com o intuito de testar o desempenho do SAGA/GEARH no auxílio à gestão de recursos hídricos o mesmo foi aplicado à duas pequenas bacias piloto, localizadas no Estado do Espírito Santo.

**Abstract** - This work presents the Water Management Support System - SAGA/GEARH, a computational system for formation of data base in the project GEARH-NES/CT-HIDRO/FINEP conducted by GEARH/UFES in partnership with IEMA, INCAPER and IPES. The diversity of the information necessary to the management of water resources and the some developed tools to work these information is a factor that increases the level of difficulty in the aforementioned management. To develop a tool capable of accommodating in a data base the variety of information relative to water resources management and allowing that several other tools can make use of these information, was the main reason for the development of the system SAGA/GEARH. With the objective of testing the performance of SAGA/GEARH system in the aid to the management of water resources it was applied to two small pilot watersheds located in Espírito Santo State/Brazil.

---

<sup>1</sup> Grupo de Estudos e Ações em Recursos Hídricos (GEARH) - DEA-CT-UFES - C. P.: 01-9011 CEP: 29060-970 - Vitória - ES - Brasil - TeleFax: (27) 3335-2159 - e-mail: [edmilson@npd.ufes.br](mailto:edmilson@npd.ufes.br)

**Palavras-chave** - Gestão de recursos hídricos, banco de dados, ferramenta de apoio à gestão.

## INTRODUÇÃO

A diversidade das informações necessárias à gestão de recursos hídricos e as várias ferramentas desenvolvidas para trabalhar essas informações são fatores que elevam o nível de dificuldade na gestão. Tal fato acarreta na necessidade de se ter sistemas computacionais capazes de administrar, de forma integrada, as diversas informações e ferramentas inseridas no contexto da gestão de recursos hídricos.

É crescente a busca por sistemas computacionais em recursos hídricos que possuam a capacidade de agregar informações (dados) e gerenciar ferramentas específicas de forma a permitir uma comunicação eficiente entre informações e ferramentas. Dentre os sistemas disponíveis e utilizados no país, destaca-se o sistema SIGMA (CIRILO & CABRAL, 2001), desenvolvido pela equipe do Grupo de Recursos Hídricos do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Pernambuco, sob a coordenação do professor José Almir Cirilo, que apresenta aplicabilidade multidisciplinar na área de gestão de recursos hídricos.

Com o objetivo de disponibilizar ferramenta técnica que subsidie os gestores de recursos hídricos, visando a implantação, prática e consolidação das Políticas Nacional e Estaduais de Recursos Hídricos o Grupo de Estudos e Ações em Recursos Hídricos – GEARH, da Universidade Federal do Espírito Santo desenvolveu um Sistema de Apoio à Gestão das Águas – SAGA/GEARH utilizando o SIGMA como base para o seu desenvolvimento.

O SAGA/GEARH foi desenvolvido no âmbito do projeto FINEP/CT-HIDRO intitulado “DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTO PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – GEARH-NES” (GEARH/UFES, 2003), realizado em parceria com o Instituto Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (IEMA), o Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e o Instituto de Apoio à Pesquisa e ao Desenvolvimento Jones dos Santos Neves (IPES) com apoio do Fundo Setorial CT-HIDRO/FINEP.

O SAGA/GEARH é um sistema de suporte à decisão que contempla ferramentas computacionais desenvolvidas para aplicação em recursos hídricos. Nesta primeira versão o sistema contém banco de dados alfa-numéricos, vetorial e raster, associado aos seguintes aplicativos: Módulo para Cadastramento de Usuários da Água (SISCAD), Módulo para Gerenciamento de Dados de Estações Hidrológicas Compatível com Rede Hidrológica Nacional HIDROWEB (SISGEST), Ferramenta para Cálculo de Vazões Regionalizadas e Ferramenta para Cálculo de Disponibilidade Hídrica.

## METODOLOGIA

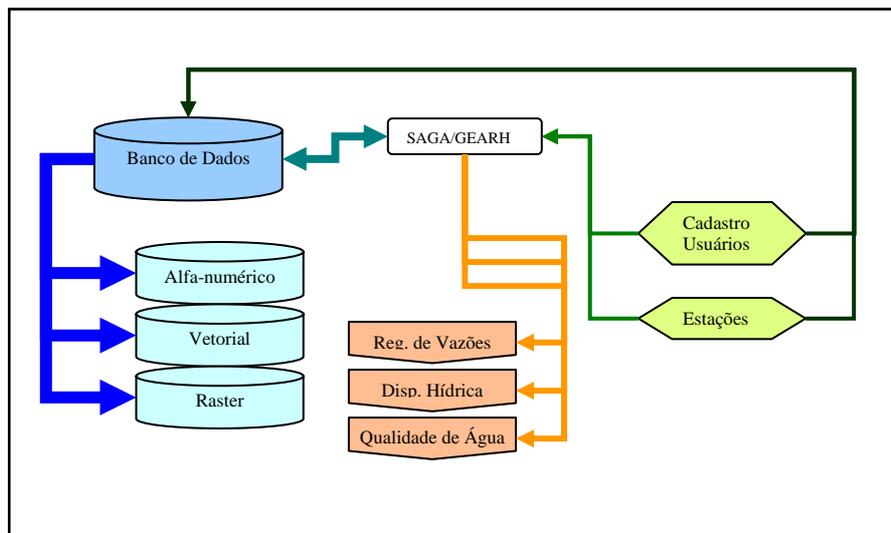
O SAGA/GEARH (Sistema de Apoio à Gestão das Águas) foi desenvolvido como uma ferramenta capaz de armazenar em um banco de dados as diversas informações relativas à gestão de recursos hídricos e de permitir que várias outras ferramentas possam compartilhar dessas informações. O principal objetivo do SAGA/GEARH é a integração entre bancos de dados (alfanumérico, vetorial e raster) com ferramentas de gestão em recursos hídricos em uma única base de dados georreferenciada.



**Figura 1:** Tela de abertura do SAGA/GEARH

Alguns aplicativos foram desenvolvidos especificamente para o projeto CT-HIDRO/GEARH-NES, afim de melhor interagir com a base de dados levantada, os quais são: aplicativo para cadastro de usuários de água, cálculo de regionalização de vazões, cálculo de disponibilidade hídrica e aplicativo que gerencia postos e estações hidrológicas.

A FIGURA 2 apresenta esquematicamente a conceituação básica de funcionamento do SAGA/GEARH. O sistema é basicamente composto por três blocos e um aplicativo de ligação.



**Figura 2:** Esquema conceitual básico de funcionamento do SAGA/GEARH

Grupos componentes do sistema:

- Base de dados (elementos em tons de azul);
- Ferramentas internas de regionalização de vazões e disponibilidade hídrica, e qualidade de água (elementos em tons de laranja);
- Aplicativos de cadastro de usuários e estações hidrológicas (elementos em tons de verde);
- Aplicativo de ligação (elemento branco).

**Base de dados:** A base de dados do SAGA/GEARH é composta por três bancos de dados:

- Banco de dados Alfa-numéricos;
- Banco de Dados Vetorial;
- Banco de Dados Raster.

No banco de dados alfa-numérico encontram-se as informações do tipo tabular, tais como o banco de dados do cadastro de usuários de água e banco de dados das estações hidrológicas.

As bases de dados vetoriais e raster podem ser agrupadas em um único bloco denominado de base de dados georreferenciados, onde podem ser encontrados os arquivos digitais dos tipos polígono, linhas, pontos e imagens (raster). Abaixo são mostrados alguns exemplos de dados que podem ser inseridos no banco de dados do SAGA/GEARH.

- Polígonos:

- Mapas de Solos;
- Mapas de Relevo;
- Mapas de Vegetação;
- Mapas de Uso e Ocupação do Solo;

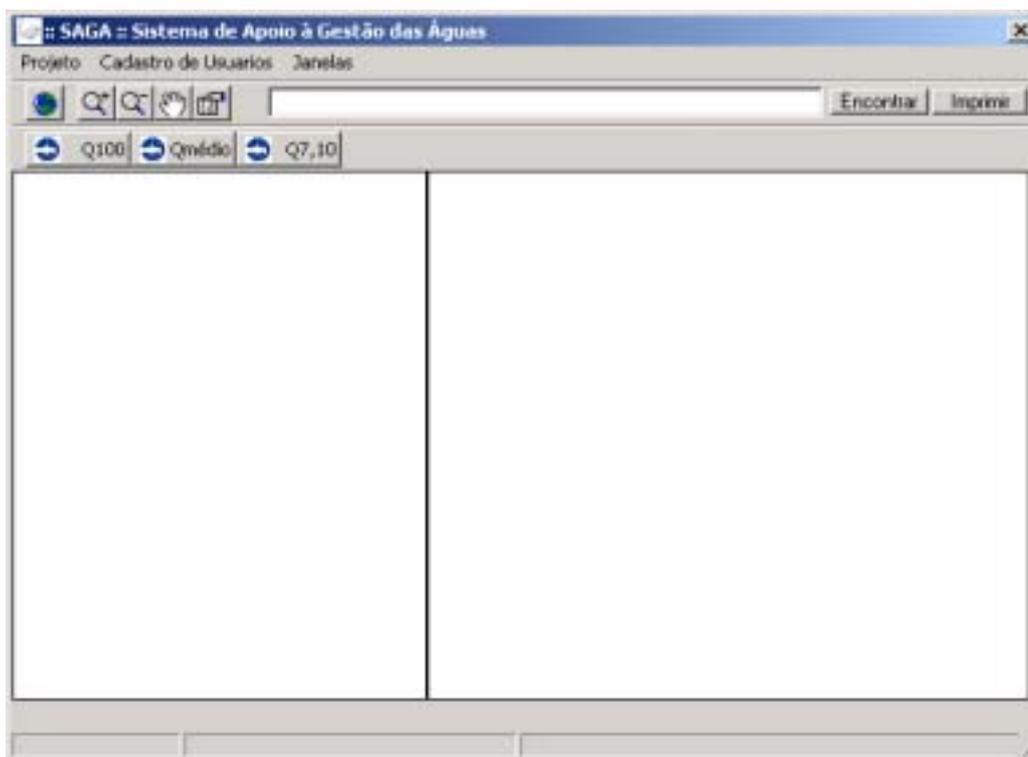
- Linhas:
  - Curvas de Nível;
  - Hidrografia.
- Pontos:
  - Precipitação média anual;
  - Estações Pluviométricas;
  - Estações Fluviométricas;
  - Postos de Qualidade de água;
- Imagem (raster)
  - Uso e Ocupação do Solo;
  - Mosaicagem pancromática.

***Ferramentas internas de regionalização de vazões e disponibilidade hídrica:*** Essas ferramentas baseiam-se nas equações de regionalização de vazões desenvolvidas a partir do método apresentado pela ELETROBRÁS (1985), no cadastro de usuários, no traçado das bacias hidrográficas e na precipitação média anual para a região de interesse.

***Aplicativos de cadastro de usuários (SISCAD) e estações hidrológicas (SISGEST):*** O aplicativo de cadastro de usuários (SISCAD) é um aplicativo externo que acessa uma base de dados independente da base de dados do sistema. Entretanto, pode alimentar a base de dados do sistema, exportando seus dados para o mesmo.

O aplicativo de estações hidrológicas (SISGEST), da mesma forma que o anterior, é um aplicativo externo que trabalha sobre uma base de dados independente e, a exemplo do anterior, também exporta sua base de dados para o sistema SAGA/GEARH.

***Aplicativo de ligação:*** Esse aplicativo é o que apresenta a interface do sistema SAGA/GEARH para o usuário. Ele é o “gatilho” que permite a interação entre a base de dados e as suas diversas formas de visualização. Nele encontram-se os atalhos para as ferramentas e aplicativos citados acima, bem como os meios de visualização dos dados (FIGURA 3).



**Figura 3:**Aplicativo de ligação (SAGA/GEARH)

O aplicativo de ligação foi desenvolvido com base em sistemas de informações geográficas, utilizando os recursos do software MapObjects da ESRI, e trabalha sobre a diretriz de projetos, o que significa que o gestor cria um projeto e nele insere as informações necessárias à sua gestão.

Como citado anteriormente, o SAGA/GEARH trabalha com diversos tipos de informações (vetoriais, raster e alfa-numéricas). Nesta primeira versão as informações vetoriais foram utilizadas no formato *shapefile-ESRI*, as informações raster no padrão *bil (Band Interleaved by Line Multiband Images)* georreferenciado e os dados alfa-numéricos em formato de banco de dados Access 2000 para o cadastro de usuários de água e para o cadastro de dados hidrológicos.

Para aplicação do SAGA/GEARH a nível experimental foram utilizados dados levantados nas bacias-piloto do projeto “DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTO PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – GEARH-NES”:

- em Itarana/ES, na bacia do córrego Sossego;
- em Pinheiros/ES, na bacia do córrego Jundiá.

## RESULTADOS

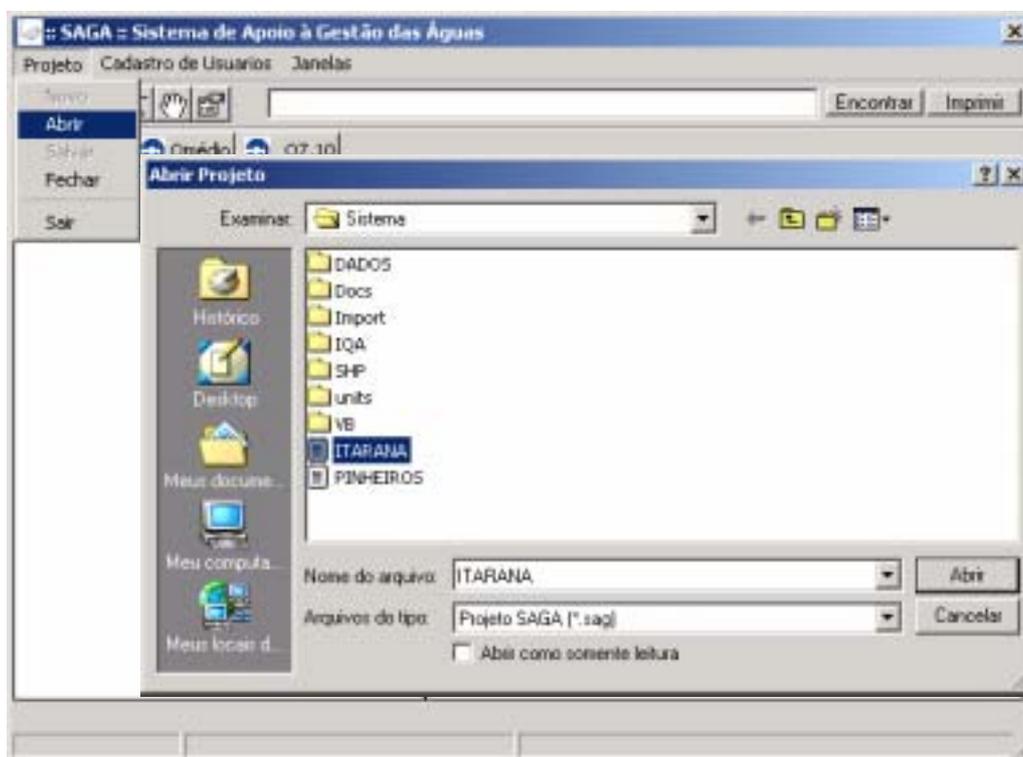
Na presente versão do sistema SAGA/GEARH os aplicativos já integrados são o de cadastro de usuários de águas, a ferramenta de gerenciamento de postos e estações hidrometeorológicas e as ferramentas de regionalização de vazões e de balanço hídrico.

Para avaliar a capacidade do sistema SAGA/GEARH no auxílio ao gerenciamento de informações e no suporte à gestão de recursos hídricos, as bacias-piloto em Itarana (bacia do córrego Sossego) e em Pinheiros (bacia do córrego Jundiá) foram tomadas como estudo de caso.

A seguir serão apresentados os dados das bacias citadas acima, inseridos no ambiente do sistema SAGA/GEARH, bem como algumas operações e ferramentas utilizadas pelo sistema no gerenciamento das informações nele inseridas.

Antes de inserir os dados no SAGA/GEARH é necessário criar um projeto, que é um arquivo tipo ASCII que contém as configurações e os locais dos diversos dados a serem tratados. Para a bacia do córrego Sossego foi criado o projeto “ITARANA.sag” e para a bacia do córrego Jundiá o projeto “PINHEIROS.sag”.

As FIGURAS 4 e 5 exibem o processo de abertura de projetos e os dados inseridos nos mesmos.

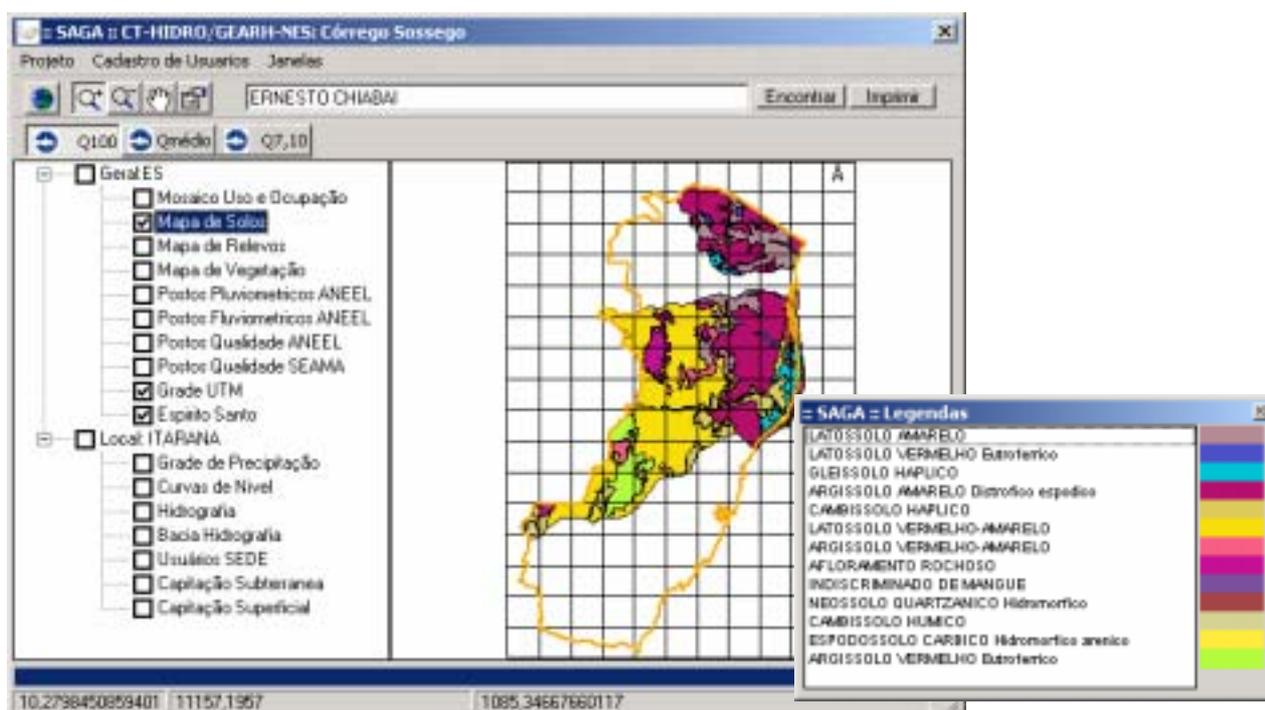


**Figura 4:** Interface de abertura de um projeto existente

As informações carregadas são exibidas em uma estrutura de árvore denominada “Camadas de Informações” no lado esquerdo da janela do aplicativo de ligação, como mostra a FIGURA 5. Nesta estrutura pode-se interagir com as informações listadas da seguinte forma:

- Visualizar a informação listada (vetorial ou raster): para se exibir uma determinada informação basta marcar a caixa de seleção correspondente;

- Selecionar a informação listada: para se selecionar uma informação basta clicar com o mouse sobre o texto correspondente.



**Figura 5:** Interface do sistema para o projeto ITARANA.sag

As informações carregadas são alocadas em dois níveis:

- Geral: onde se encontram informações de ordem macro para o projeto;
- Local: onde se encontram as informações de caráter específico do projeto.

Para o funcionamento ideal do SAGA/GEARH as informações locais devem conter pelo menos:

- Grade de Precipitação: informação vetorial do tipo “ponto” contendo tabela de atributos com estrutura específica;
- Bacia Hidrográfica: informação vetorial do tipo “polígono” contendo tabela de atributos com estrutura específica;
- Usuários de água da região: informação recuperada do banco de dados do SAGA/GEARH e representada de forma vetorial como pontos.

As informações são exibidas na “área de mapa” que se encontra no lado direito da interface indicada na FIGURA 5. Como o SAGA/GEARH tem características de sistema de informações geográficas, é possível não apenas visualizar informações em sua área de mapas, como também acessar o conteúdo tabular de uma determinada informação visualizada após a seleção da mesma.

Além das áreas de interface citadas, o SAGA/GEARH apresenta uma barra de menus e duas barras de ferramentas. A barra de menus permite interagir com projetos, com o aplicativo de cadastro de usuários de águas (SISCAD) e com janelas de informações. As barras de ferramentas são duas:

- barra de ferramentas de “Interação” com as informações;
- barra de ferramentas de “regionalização de vazões e balanço hídrico”.

#### *O menu “Cadastro de Usuários”*

Quando um projeto é carregado, o sistema não ativa automaticamente as conexões com o banco de dados de cadastro de usuários do SISCAD. Essa operação deve ser realizada manualmente, valendo-se da opção correspondente no menu em questão. Quando a conexão é ativada a “Camada de Informações” carregada é acrescida de três informações:

- Usuários SEDE: nível de informação que representa as sedes das propriedades cadastradas no cadastro de usuários de água;
- Captação Subterrânea: nível de informação que representa os pontos de captação de águas subterrâneas;
- Captação Superficial: nível de informação que representa os pontos de captação de águas superficiais.

#### *O menu “Janelas”*

Esse menu é responsável pela exibição ou não das janelas de informações. Essas janelas são:

- Atributos: essa janela exibe os atributos dos elementos desenhados no mapa do sistema;
- SISCAD Imagens: essa janela serve para complementar a janela anterior quando a informação selecionada for o tema local “Usuários SEDE”;
- Legendas: essa janela exibe uma legenda do tipo polígonos classificados para as informações visualizadas.

#### *Barra de ferramentas de “Interação”*

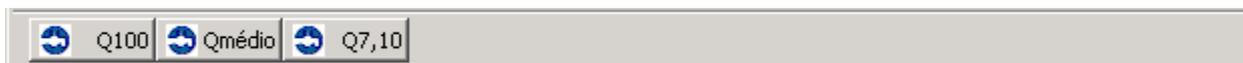
Essa barra de ferramentas é apresentada na FIGURA 6. Ela é responsável pela manipulação das escalas de zoom apresentadas na área de mapas do sistema e pela identificação de elementos visualizados no mesmo. Estando o cadastro de usuários carregado no sistema, pode-se localizar determinado usuário digitando seu nome no campo equivalente e pressionando o botão “Encontrar”. Também é possível imprimir o exposto na área de mapas pressionando o botão “Imprimir”.



**Figura 6:** Barra de ferramentas de “Interação”

### Barra de ferramentas de “regionalização de vazões e balanço hídrico”

Essa barra de ferramentas (FIGURA 7) é responsável pelos cálculos de regionalização de vazões e balanço hídrico simplificado. Nesta primeira versão do sistema SAGA/GEARH o balanço hídrico está embutido na regionalização de vazões.

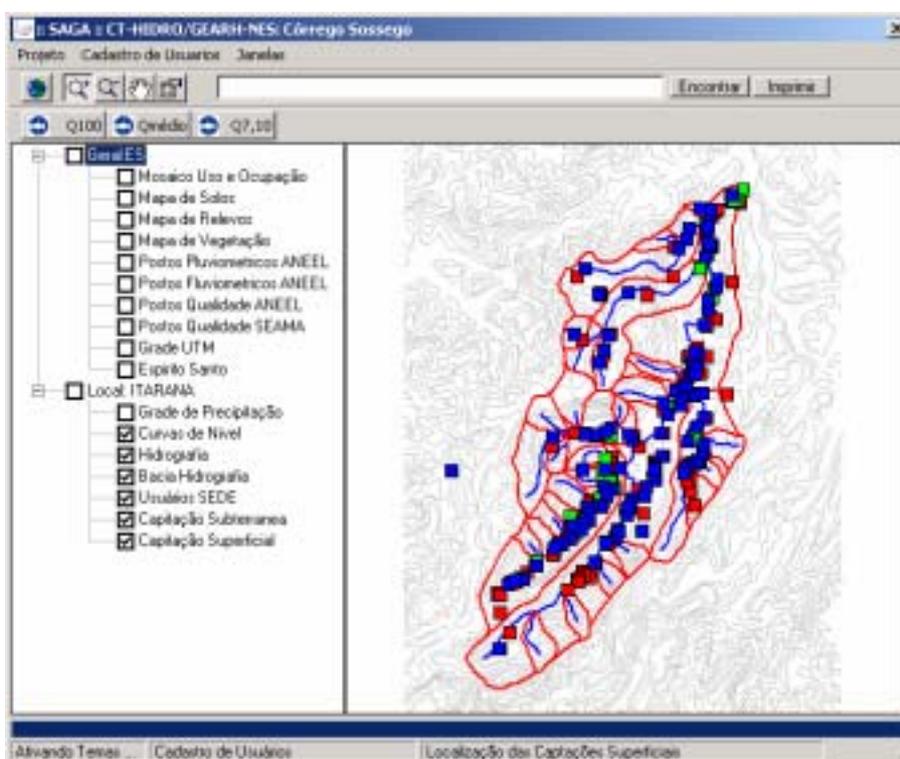


**Figura 7:** Barra de ferramentas de “Regionalização de vazões e balanço hídrico”

### Aplicação para a bacia do córrego Sossego:

#### Interagindo com dados

A FIGURA 8 mostra as informações de caráter local para o córrego Sossego em Itarana. As informações sobre o cadastro de usuários encontram-se no mesmo nível local.



**Figura 8:** Interface que exhibe as informações de caráter local para o projeto Itarana

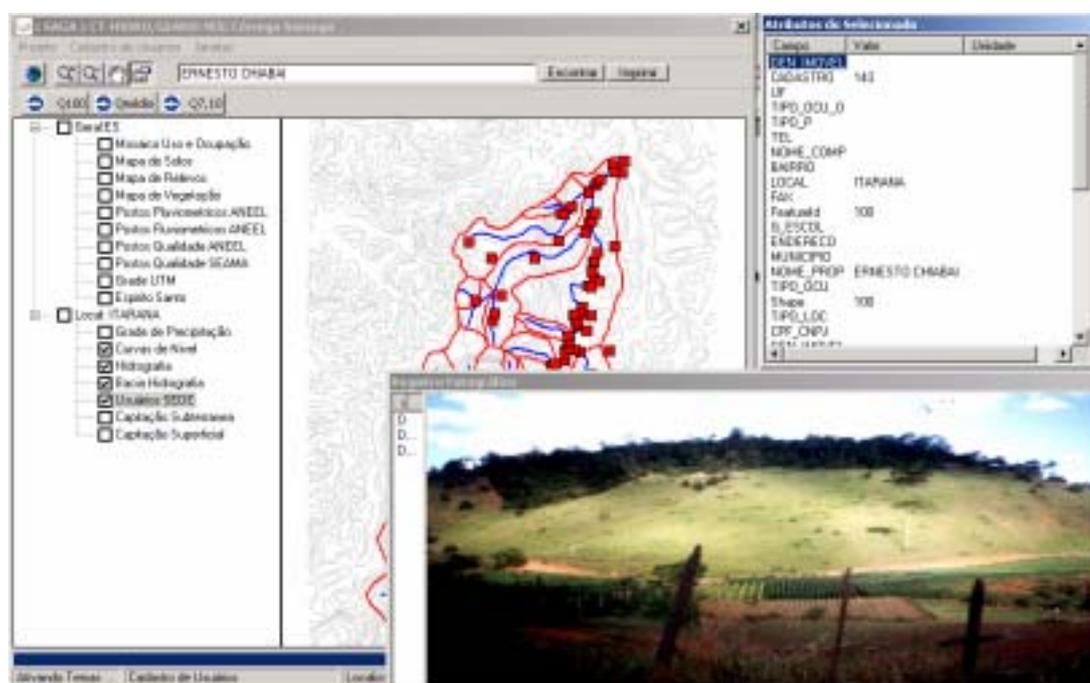
#### Identificando informações:

O procedimento para se identificar uma informação segue a seguinte dinâmica:

- Habilita-se a visualização da informação;
- Seleciona-se a informação;
- Toma-se a ferramenta ;
- Clica-se, na área de mapas, sobre o elemento desejado.

Os dados da informação selecionada serão apresentados na janela “Atributos”, portanto essa janela deve estar visível.

A FIGURA 9 apresenta o resultado da operação de identificação sobre os “Usuários SEDE” (nível de informação recuperada do banco de dados de cadastro de usuários de águas). Para realizar essa operação é necessário que as janelas “Atributos” e “SISCAD Imagens” sejam exibidas.



**Figura 9:** Interface do SAGA/GEARH com as janelas “Atributos” e “SISCAD Imagens”

#### *Regionalização de Vazões e Balanço Hídrico:*

O sistema SAGA/GEARH possui uma ferramenta para cálculo da regionalização de vazões e balanço hídrico, que depende das seguintes informações a serem carregadas no sistema:

- Usuários SEDE;
- Grade de Precipitação;
- Bacias Hidrográficas.

O sistema permite obter as vazões  $Q_{100}$ ,  $Q_{\text{médio}}$  e  $Q_{7,10}$ , que são as vazões de longo termo, médias e mínimas respectivamente. O procedimento para determinação dessas vazões é apresentado a seguir.

- Habilita-se a visualização da informação de Bacias Hidrográficas;
- Ativa-se uma das ferramentas   .
- Mantém-se a tecla “*shift*” pressionada e marca-se as sub-bacias de interesse para o cálculo;
- Liberar a tecla “*shift*” e clicar na área de mapas.

O procedimento apresentado acima foi aplicado para  $Q_{100}$  e é apresentado na FIGURA 10. A janela “Atributos” exhibe os resultados dos cálculos e suas respectivas unidades.

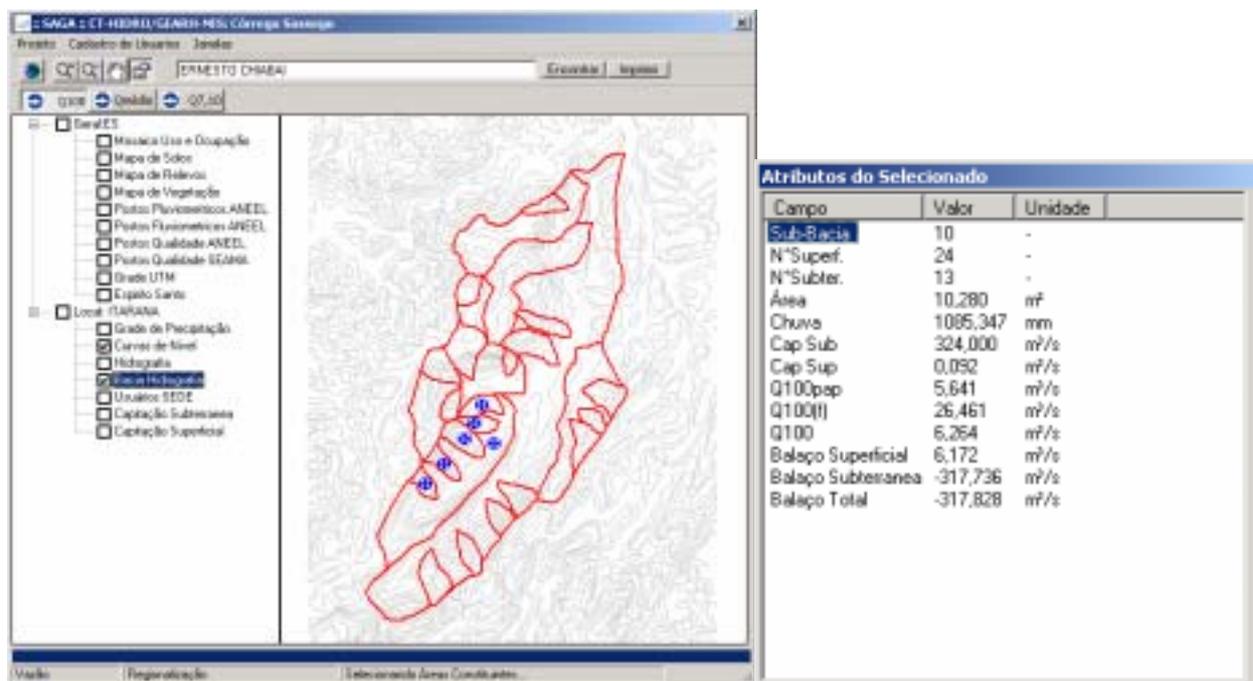


Figura 10: Interface apresentando as sub-bacias marcadas e os resultados das vazões e balanço hídrico

#### Aplicação para a bacia do córrego Jundiá:

Todas as operações e detalhamentos descritos para a bacia do córrego Sossego foram aplicadas também para a bacia do córrego Jundiá. A FIGURA 11 apresenta as informações de caráter local para o córrego Jundiá, em Pinheiros. As informações sobre o cadastro de usuários encontram-se no mesmo nível local.

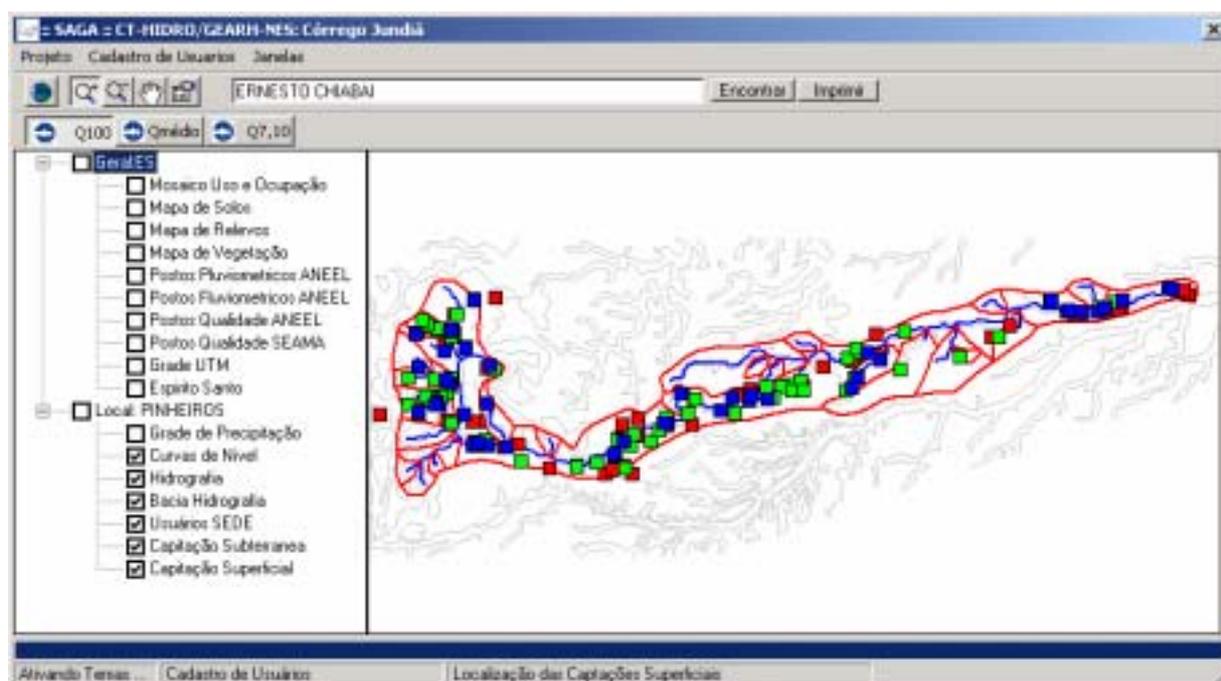
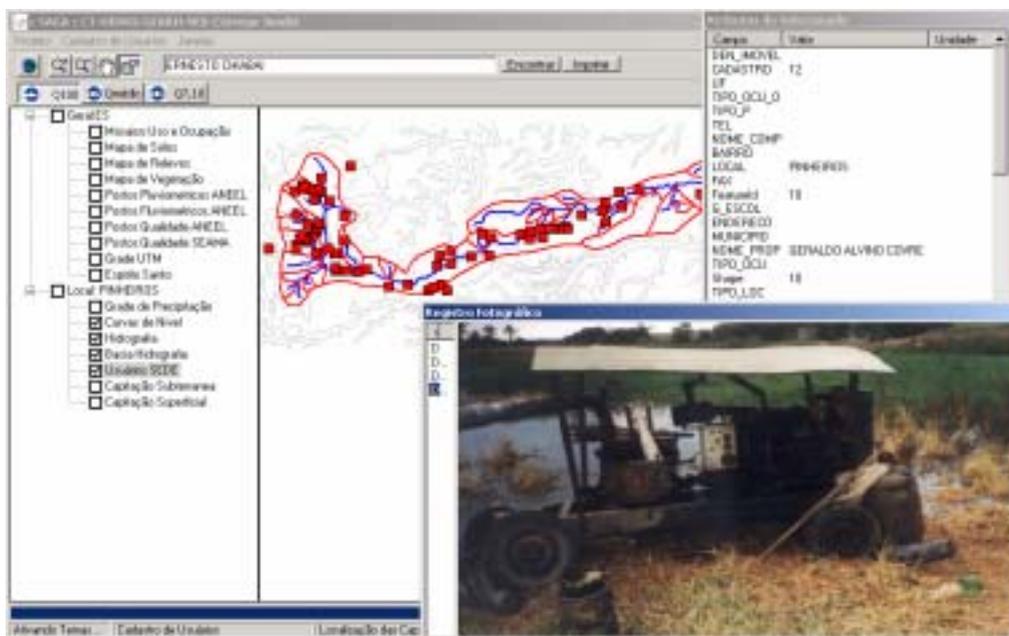


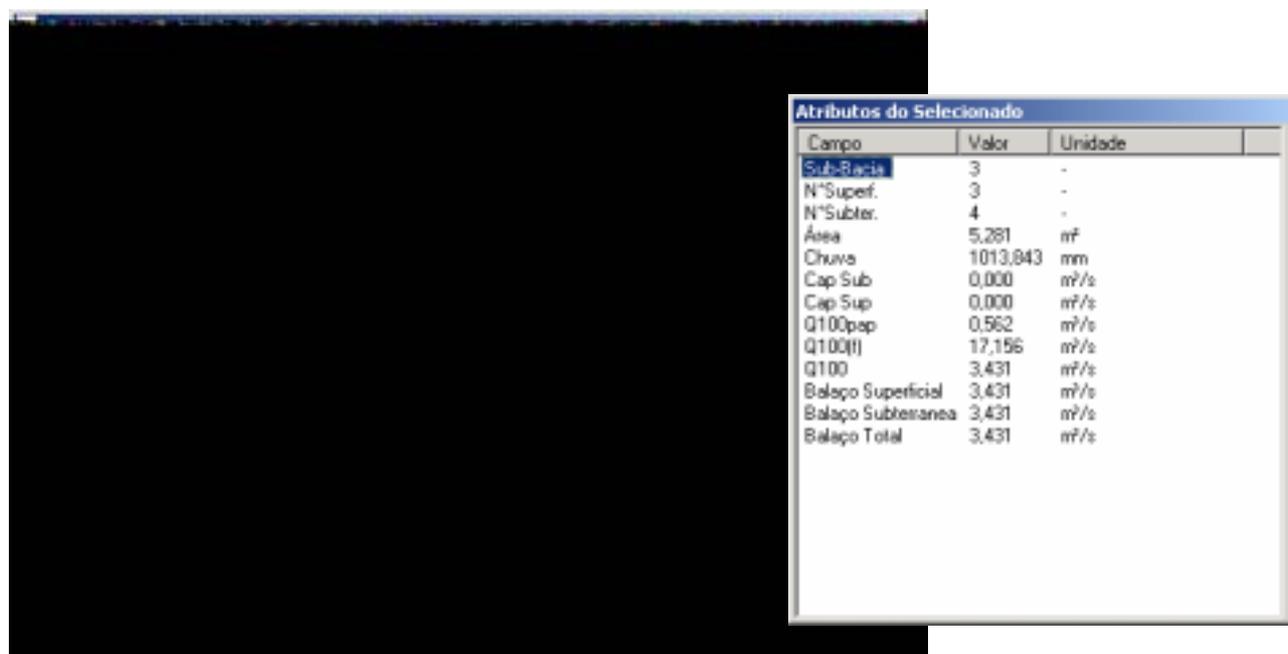
Figura 11: Interface que exhibe as informações de caráter local para o projeto Pinheiros

A FIGURA 12 apresenta a interface do sistema ao ser selecionado um elemento do cadastro de usuários de água. É importante lembrar que para acessar os dados da informação “Usuários SEDE” associados à seleção (usuário cadastrado) é necessário exibir as janelas “Atributos” e “SISCAD Imagens”.



**Figura 12:** Interface do SAGA/GEARH com as janelas “Atributos” e “SISCAD Imagens”

A FIGURA 13 apresenta o resultado do cálculo das vazões  $Q_{100}$  regionalizadas para sub-bacias da bacia hidrográfica do córrego Jundiá, em Pinheiros. Os valores das vazões são exibidos na janela “Atributos”, bem como os dados de balanço hídrico.



**Figura 13:** Interface apresentando as sub-bacias e os resultados das vazões e balanço hídrico

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O sistema SAGA/GEARH teve sua estrutura de banco de dados baseada no sistema SIGMA, o que possibilita o compartilhamento de informações e ferramentas entre os dois sistemas. No entanto, o sistema SAGA foi desenvolvido de forma a permitir acesso aos dados georreferenciados, no formato vetorial ou raster, diretamente na interface do sistema, sem a necessidade de utilização de aplicativo de sistema de informações geográficas externo.

O sistema SAGA/GEARH foi desenvolvido para ser um agregador de ferramentas, funcionando como um sistema onde vários aplicativos distintos convergissem a uma única base de dados e pudessem ser visualizados de forma integrada.

Com relação à aplicação do SAGA/GEARH às bacias-piloto no âmbito do projeto “DESENVOLVIMENTO DE INSTRUMENTO PARA A GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO – GEARH-NES”, conclui-se:

- O sistema apresentou-se eficaz em agregar os diversos dados relativos à gestão de recursos hídricos nas bacias-piloto, com a geração do banco de dados do projeto, e em compartilhar as informações entre seu banco de dados e outros aplicativos externos como o SISCAD;
- O sistema foi capaz de interagir com diversos tipos de dados, tanto vetorial e raster como alfa-numérico, e apresentar graficamente as informações georreferenciadas inseridas em seu banco de dados;
- Foi possível, através do SAGA/GEARH, executar ações de sistemas de informações geográficas, operando análises geográficas e numéricas, gerando dados para regionalização de vazões e balanço hídrico simplificado;

É importante ressaltar que um sistema de informações se apresenta como ferramenta auxiliar para a gestão de recursos hídricos. É necessário que as informações inseridas nesse sistema sejam confiáveis e que os produtos do mesmo sejam utilizados criteriosamente por profissionais qualificados.

## **AGRADECIMENTOS**

À FINEP (Financiadora de Estudos e Projetos) pelo financiamento do projeto CT-HIDRO – GEARH – NES. Ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico) pelo apoio através de bolsas de fomento. Às prefeituras de Itarana e de Pinheiros. . Às instituições parceiras IEMA, INCAPER e IPES pelo auxílio na definição do modelo de cadastro de usuários. Ao professor Almir Cirilo e sua equipe pela pronta disposição e boa vontade em compartilhar o sistema SIGMA.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

CIRILO, J. A. e CABRAL, J. S. P. **Apostila de operação do sistema SIGMA**. 2001.

GEARH/UFES. **Desenvolvimento de instrumento para a gestão dos recursos hídricos do norte do estado do Espírito Santo - GEARH-NES: relatório geral**. Vitória, ES: GEARH/UFES, 2003 ([www.ufes.br/~gearh](http://www.ufes.br/~gearh); “CT-HIDRO”) .