

APRIMORAMENTO DOS PROCEDIMENTOS DE GEOPROCESSAMENTO COM A REDE HIDROGRÁFICA OTTOCODIFICADA PARA A GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DE MINAS GERAIS, BRASIL

Miguel Fernandes Felipe – MSc, Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Geografia - UFMG

Nádia Antônia Pinheiro Santos – MSc. Gestora Ambiental da SEMAD

Beatriz Trindade Laender – Geógrafa

Luiza Gontijo Álvares Campos Abreu – Graduanda em Geografia - UFMG

Matheus Duarte Santos – Geógrafo. Analista Ambiental do IGAM

Igor Lacerda Ferreira – Geógrafo

Resumo

A implementação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos depende de informações fornecidas pelo geoprocessamento. Nesse sentido, a organização de um banco de dados georreferenciado e confiável é essencial. Cada vez mais é necessário aprimorar procedimentos de cartografia e análise espacial para executar atividades com primazia e no menor tempo possível. Minas Gerais, a partir da parceria do Instituto Mineiro de Gestão das Águas e da Universidade Federal de Minas Gerais, elaborou a Rede Hidrográfica Ottocodificada. Esse banco de dados substituirá as bases cartográficas atuais que possuem inconsistência topológica e ausência de atributos. Propõe-se discutir as contribuições dessa base de dados na otimização do geoprocessamento para implementação, manutenção e melhoria dos instrumentos de gestão de recursos hídricos. Será realizada uma comparação entre os procedimentos executados com as bases cartográficas oficiais do estado e a Rede Hidrográfica Ottocodificada. Os resultados obtidos demonstram uma maior eficiência nos procedimentos executados na Base Ottocodificada.

Palavras-chave: ottocodificação, geoprocessamento, gestão de recursos hídricos, IGAM.

Abstract

The implementation of management tools in water resources depends on information given by geoprocessing (GIS). Thus, the organization of a reliable georeferenced database is essential. The improvement of the cartographic procedures and spatial analysis tools is increasingly necessary to make them more effective and take the shortest amount of time possible. Minas Gerais, in a partnership between the Instituto Mineiro de Gestão das Águas (government's water management institute) and the Universidade Federal de Minas Gerais (federal university), has elaborated the Ottocodified Hydrographic Network of the state. This database will substitute the current cartographic databases that have topologic inconsistencies and lack of attributes. This work aims to discuss the contributions of this new database in optimizing GIS for implementing, maintaining and improving the water management tools. A comparison between the procedures performed with the official databases and the Ottocodified Network will be made. The results show that the procedures made with the Ottocodified Hydrographic Network database are more efficient.

Keywords: Ottocodification, geoprocessing, water resources management, IGAM

1. INTRODUÇÃO

A degradação atual do meio ambiente associada ao aumento na demanda pelo uso da água tem comprometido a disponibilidade quantitativa e qualitativa dos recursos hídricos. Visando viabilizar atividades econômicas públicas e privadas, esse comprometimento tem despertado nos órgãos gestores e na sociedade civil o interesse pelas discussões a respeito da necessidade da gestão e planejamento dos recursos hídricos, com o intuito de estabelecer medidas governamentais e sociais para sua regulação (MACHADO, 2003).

A questão da água no Brasil é embasada pela Lei Federal nº 9.433/97 que dá diretrizes e princípios gerais para o gerenciamento dos recursos hídricos no País (BRASIL, 1997). Em Minas Gerais, a Política de Gestão de Recursos Hídricos é estabelecida pela Lei Estadual nº 13.199/99, que versa sobre os instrumentos legais necessários ao ordenamento do uso sustentável de suas águas (MINAS GERAIS, 1999). Os principais instrumentos de gestão previstos nessa lei são: Plano Estadual de Recursos Hídricos e Planos Diretores de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas, Enquadramento dos corpos de água em classes segundo seus usos preponderantes, outorga dos direitos de uso, cobrança e o Sistema Estadual de Informações sobre Recursos Hídricos. O Instituto Mineiro de Gestão das Águas – IGAM é o órgão gestor do Estado de Minas Gerais e responsável pelos instrumentos de gestão. A implementação desses

instrumentos é desempenhada de forma descentralizada e participativa considerando como recorte espacial a bacia hidrográfica.

O geoprocessamento se insere de forma mais direta na Política de Recursos Hídricos no âmbito do Sistema de Informações de Recursos Hídricos – SIRH. O SIRH tem como objetivo gerenciar dados qualitativos e quantitativos acerca das águas (BRASIL, 1997; MINAS GERAIS, 1999). Ele tem como base territorial as bacias hidrográficas “o que torna imprescindível a definição de um sistema único de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras” (GALVÃO; MENESES, 2005, p. 2512). A operacionalização e a automatização de procedimentos computacionais no âmbito do SIRH dependem de uma precisa identificação das bacias hidrográficas. A toponímia do rio principal, que é naturalmente a forma mais simples de se identificar uma bacia, todavia, não se mostra eficiente para automação devido à existência de homônimos e por não representar hierarquia.

Desse modo, a implementação dos instrumentos de gestão tem como pré-requisito a existência de um banco de dados com informações espaciais consistentes e confiáveis sobre as características das bacias hidrográficas e, principalmente, sobre os corpos de água do estado. Com base nessas informações, é possível a efetivação dos instrumentos de gestão de recursos hídricos conforme previsto na legislação. No Estado de Minas Gerais, a rede hidrográfica utilizada oficialmente até 2010 era a do Programa Integrado do Uso da Tecnologia de Geoprocessamento pelos Órgãos do Estado de Minas Gerais - GeoMINAS, construída a partir das cartas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE e do Ministério da Defesa, na escala de 1:50.000 e 1:100.000. O GeoMINAS consistiu em um programa que uniu esforços político e técnico para a produção sistemática de informações primárias digitais geográficas e georeferenciadas sobre o Estado. Entretanto, essa base apresenta limitações, inconsistências e erros topológicos significativos dificultando a sua utilização.

Reconhecendo esses erros o IGAM, através da Gerência de Tecnologia de Informação em Recursos Hídricos (GTIRH) em parceria com a Universidade Federal de Minas Gerais, elaborou a Rede Hidrográfica Ottocodificada. Vê-se de antemão uma contribuição significativa em procedimentos de geoprocessamento referentes à espacialização, mapeamento, caracterização e estudos de qualidade e quantidade dos recursos hídricos em Minas Gerais. Entretanto, torna-se necessário avaliar as contribuições resultantes da utilização dessa base.

Sob essa ótica, o objetivo desse trabalho é discutir e avaliar as contribuições e potencialidades da utilização da Rede Hidrográfica Ottocodificada na otimização dos procedimentos realizados no geoprocessamento do IGAM para implementação, manutenção e melhoria dos instrumentos de gestão de recursos hídricos no estado.

Os procedimentos metodológicos desse trabalho consistem na comparação entre as técnicas de geoprocessamento executadas no IGAM com as bases cartográficas do Projeto GeoMINAS e com a nova Rede Hidrográfica Ottocodificada. Foi realizada uma reunião entre os técnicos do Geoprocessamento do IGAM para listagem das atividades cartográficas de maior recorrência para a equipe. A partir dessas informações, levantaram-se as etapas necessárias para execução de cada atividade, bem como o tempo demandado para sua elaboração. Ademais, o mesmo exercício foi realizado tendo como princípio de comparação a utilização da Rede Hidrográfica Ottocodificada. Por fim, elaborou-se um quadro comparativo, focalizando as principais diferenças em termos processuais e de gasto de tempo, entre a utilização das bases GeoMINAS e Ottocodificada.

2. A OTTOCODIFICAÇÃO

Em 1998, a Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério de Meio Ambiente, coordenou o processo de ottocodificação das bacias hidrográficas brasileiras segundo a metodologia de Pfafstetter (1989) na escala de 1:1.000.000 (SILVA, 1999). Essa primeira tentativa de automação dos procedimentos de ottocodificação surtiu bons efeitos na gestão de recursos hídricos em nível nacional, a ponto de ser recomendado pela Agência Nacional de Águas – ANA – que os órgãos estaduais elaborassem, em escala de maior detalhe, sua própria Rede Hidrográfica Ottocodificada.

Entre os anos de 2009 e 2010, o IGAM coordenou a elaboração da Rede Hidrográfica Ottocodificada para o estado de Minas Gerais nas escalas de 1:100.000 e 1:50.000. Essa base permitirá que todas as informações espaciais referentes aos recursos hídricos estejam integradas em um mesmo banco de dados, que irá subsidiar em um segundo momento as análises de outorga, cobrança, qualidade das águas, entre outros.

Pfafstetter (1989) propôs um modelo hierárquico de classificação de bacias hidrográficas baseado na área drenada e nas interconexões da rede de drenagem (VERDIN, VERDIN, 1999; GALVÃO; MENESES, 2005). O método consiste na incorporação de algarismos sucessivos a um determinado prefixo de acordo com o aumento da escala (maior detalhamento). Esses procedimentos possibilitam, além da hierarquização, a identificação de cada uma das bacias mapeadas por um código único.

Simplificadamente, o modelo consiste na atribuição de algarismos crescentes de jusante para montante para cada sub-bacia. Os algarismos ímpares são reservados às chamadas interbacias, que

consistem em áreas que drenam água para mais de um exutório, configurando-se como junções de bacias de menor porte que possuem interflúvios coincidentes com as bacias que o circundam (PFAFSTETTER, 1989). A cada mudança de nível – subdivisão das bacias – um novo algarismo é acrescido pela mesma lógica hierárquica (Figura 1).

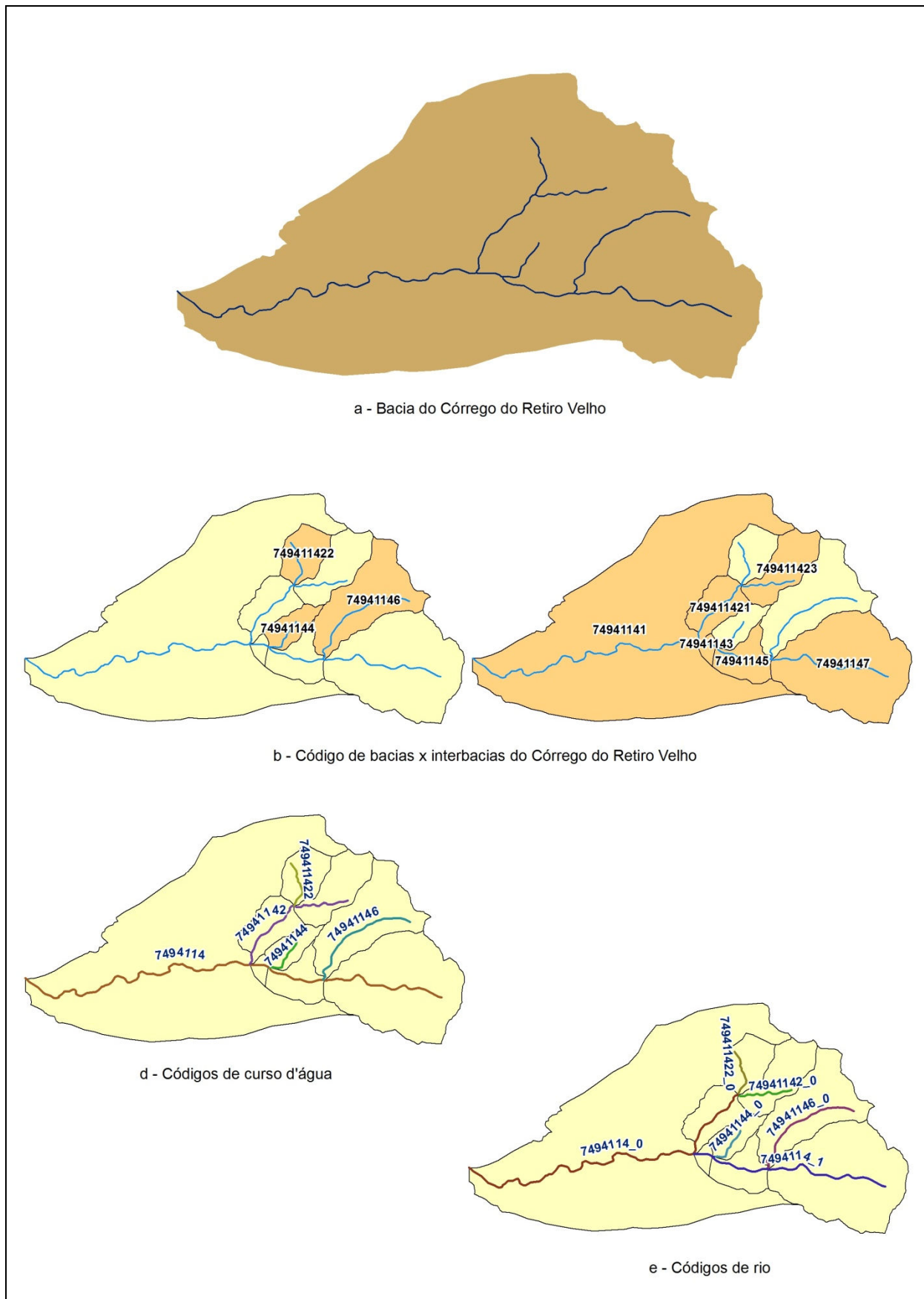


Figura 1: Exemplo de distribuição dos ottocódigos.

Esse modelo permite a rápida identificação da hierarquia através do prefixo de cada ottocódigo. Por exemplo, sabe-se que uma bacia de código '7597862' é de um afluente da bacia de código '759786', que por sua vez pertence à bacia '75978'. A construção do modelo teórico é fornecida em Pfafstetter (1989); a aplicação prática em ambiente GIS é apresentada em ANA (2006) e ANA (2008).

Além das bacias, os cursos de água também são identificados por ottocódigos. De uma forma geral, o código do curso de água é idêntico ao código da bacia no qual é o rio principal – mesmo nível hierárquico. Ademais, confluências, fozes e nascentes também podem ser codificadas pelo mesmo princípio. Tal artifício minimiza problemas relacionados a rios homônimos e cria uma chave de entrada em potencial para processos automatizados em bancos de dados estatísticos e geográficos.

3. RESULTADOS

Para mensurar suas contribuições foram listadas as atividades cartográficas e suas etapas. Para cada procedimento desenvolvido na base GeoMINAS, mesmo tratando-se de tempos diferentes de execução, usou-se 1 (um) como unidade medida temporal para fins de comparação com os procedimentos executados na Rede Hidrográfica Ottocodificada. No caso da Rede Hidrográfica Ottocodificada essa unidade de tempo referida em termos proporcionais ao tempo de elaboração da mesma tarefa na base GeoMinas.

Na Tabela 1 estão especificados os procedimentos executados pelo geoprocessamento comparando o uso entre as bases. Dentre eles, os mais recorrentes são: 1) mapas de localização, 2) delimitação de bacia hidrográfica e 3) Dominialidade dos corpos de água.

A título de exemplificação, a Figura 2 apresenta a comparação entre os processos de delimitação de bacia hidrográfica nas bases GeoMINAS e Ottocodificada. Além de ser uma das demandas mais corriqueiras do geoprocessamento do IGAM, também uma das que apresenta a maior redução no tempo de elaboração. Partindo-se das bases de curva de nível do projeto GeoMINAS, a primeira etapa da delimitação de bacias hidrográficas consiste na criação de um novo arquivo vetorial (*shapefile*); em seguida, passa-se a edição da base com a criação dos pontos que formam o polígono da bacia – esse procedimento pode perdurar por horas dependendo o tamanho da bacia em trabalho. Por fim, é necessário finalizar a feição criada e editar a tabela de atributos do *shapefile*.

Já na base ottocodificada, para delimitar uma bacia, basta consultar o código de seu rio principal ou da interbacia inicial e efetuar uma filtragem SQL. No caso exemplificado da delimitação de bacias, o tempo gasto para finalização da demanda com as novas bases cartográficas é de aproximadamente três minutos para qualquer bacia (de qualquer área). Com as bases GeoMINAS, o tempo gasto para efetuar o mesmo procedimento varia de 30 minutos a três horas, com grande dependência da dimensão da bacia mapeada.

Outra atividade de grande importância é a dos mapas de localização, pois auxiliam nas campanhas de fiscalização. Devido à relevância e a demanda elevada por esse tipo de mapa, a redução da elaboração para 10,7% do tempo gasto anteriormente ajudam a demonstrar a potencialidade da utilização dessa base. Outra atividade é a dominialidade dos cursos de água, que com a nova base cartográfica diminui a execução para até 16,7% do tempo demandado na base GeoMINAS.

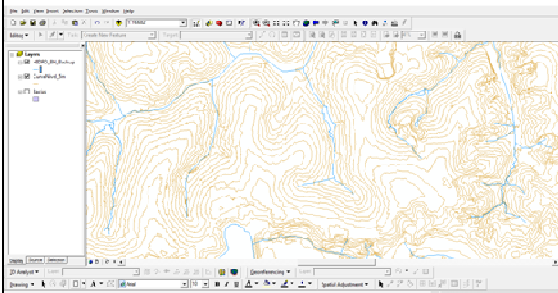
Em relação às atividades esporádicas, o exemplo mais significativo é a hierarquização dos cursos d'água que na base GeoMINAS depende do ordenamento dos cursos e da manipulação da tabela de atributo para adição de dados. Na base ottocodificada, o ordenamento já existe sendo necessário apenas a seleção dos atributos.

As atividades apresentadas ilustram a realidade atual do geoprocessamento do IGAM. Ressalta-se que existem outras aplicações não referenciadas neste trabalho, mas que certamente terão diferenças, por vezes significativas, de execução em cada uma das bases cartográficas. Contudo, de uma forma geral, percebe-se que os tempos de execução dos procedimentos utilizando a Rede Hidrográfica Ottocodificada são consideravelmente inferiores se comparados aos da base GeoMINAS.

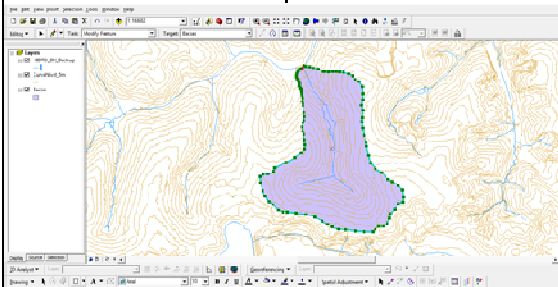
Procedimentos	Bases GeoMINAS			Rede Hidrográfica Ottocodificada		
	Etapas	Descrição	Tempo	Etapas	Descrição	Tempo (%) Min - Max
Delimitação de bacias hidrográficas	3	Criação de base, Vetorização da bacia e Finalização da feição	1	1	Seleção via atributos	1,7% - 10%
Identificação de toponímia	1-2	Seleção via atributos e Consulta a carta topográfica	1	1	Seleção via atributos	10% - 100%
Cálculo de área de contribuição	4	Criação da base, Vetorização da bacia e Cálculo da área	1	1	Seleção via atributos	1,25%- 100%
Seleção de rios	2	Seleção via atributos e Seleção via feições	1	1	Seleção via atributos	20% - 100%
Mapa de localização	5-6	Seleção das bases, Filtro para área correção, Seleção dos principais e Colocar nome	1	3	Seleção das bases, Seleção SQL e Layout	10,7%
Extensão do corpo de água	3	Selecionar curso, Union e Cálculo	1	1	Selecionar curso	5%
Definição dos afluentes	3-4	Selecionar curso principal, Seleção manual, Colocar toponímia e Tabela	1	1	Selecionar curso principal e Seleção SQL afluentes	2,5% - 20%
Domínio de rios	4	Seleção da carta, Seleção do curso, Verificação Estados e Verificação das Unidades de Conservação	1	2	Seleção do curso e Verificação das Unidades de Conservação	16,7% - 33,3%
Hierarquização	2	Ordenamento e Tabela de atributos	1	1	Seleção via atributos	0,01%

Tabela 1: Comparação dos procedimentos do geoprocessamento com a Base GeoMINAS e a Rede Hidrográfica Ottocodificada.

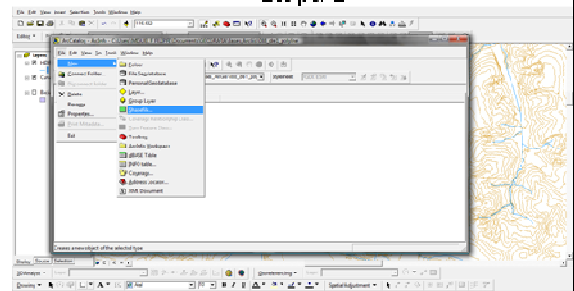
Base GeoMINAS



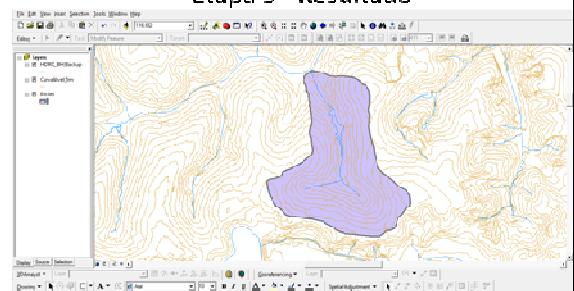
Etapa 2



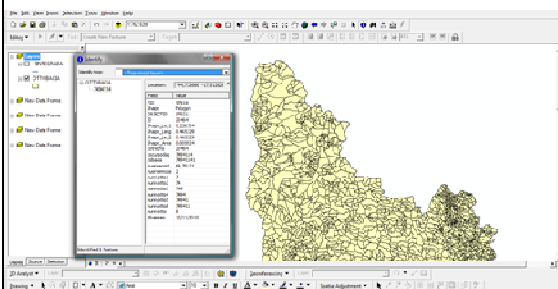
Etapa 1



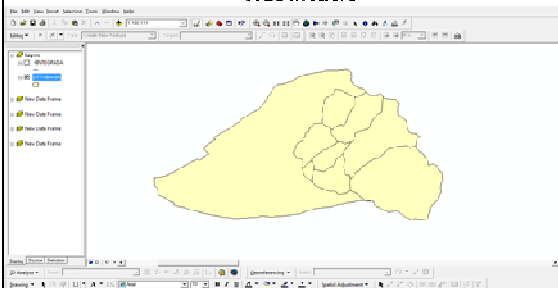
Etapa 3 - Resultado



Base Ottocodificada



Resultado



Etapa 1

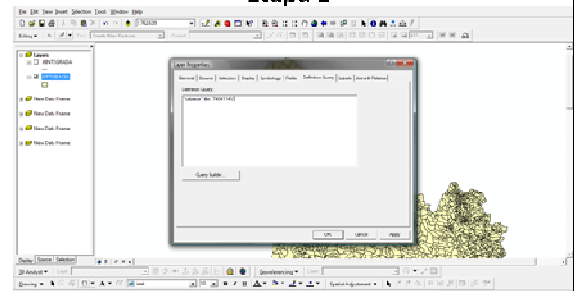


Figura 2: Comparação do processo de delimitação de bacia hidrográfica entre as bases GeoMINAS e Ottocodificada.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

São funções do geoprocessamento do IGAM auxiliar na formação, organização e processamento dos dados geográficos referentes ao Estado de Minas Gerais, pertinentes ao estudo e Gestão dos Recursos Hídricos do Estado. Para isso, cabe ao geoprocessamento:

1. Criar e manter bases cartográficas digitais referentes aos Recursos Hídricos do Estado, seguindo os preceitos dos Sistemas de Informação Geográficos (SIG).
2. Subsidiar a aplicação dos instrumentos de monitoramento da qualidade da água, regulação, controle, fiscalização, outorga e enquadramento, bem como a prevenção e minimização de eventos hidrológicos adversos.

Essas atividades eram parcialmente exercidas pelo geoprocessamento, pois a utilização da base GeoMINAS exigia um número grande de etapas que muitas vezes aumentava o tempo gasto no procedimento.

A criação da Rede Hidrográfica Ottocodificada teve como objetivo é a elaboração de uma base topologicamente correta e consistente que permita executar procedimentos cartográficos de forma rápida e eficiente. Com a utilização da Rede Hidrográfica Ottocodificada, reduziu o tempo gasto para realização das atividades rotineiras do geoprocessamento. Desta forma, as execuções das atividades ficaram mais rápida e, conseqüentemente, é possível investir em outras competências do setor, possibilitando o aprimoramento efetivo da gestão dos recursos hídricos no Estado de Minas Gerais.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). **Manual de Construção da Base Hidrográfica Ottocodificada: fase 1 – construção da base topológica de hidrografia e ottobacias conforme a codificação de bacias hidrográficas de Otto Pfafstetter**: versão 2.1. de 17/03/2008. Brasília: ANA, SGI, 2008

ANA – Agência Nacional de Águas (Brasil). **Topologia hídrica: método de construção e modelagem dabase hidrográfica para suporte à gestão de recursos hídricos**. versão 1.11. Brasília: ANA, SGI, 2006.

BRASIL. **Lei nº 9.433. de 8 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição da República Federativa do Brasil e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 08 de janeiro de 1997.

GALVÃO, W. S. e MENESES, P. R. Avaliação dos sistemas de classificação e codificação das bacias hidrográficas brasileiras para fins de planejamento de redes hidrométricas. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. **Anais do...** INPE: Gioânia, Brasil, 2005. P. 2511-2518.

PPAFSTETTER, O. **Classificação de Bacias Hidrográficas – Metodologia de Codificação**. Rio de Janeiro, RJ: DNOS, 1989.

SILVA, P. A. Classificação e codificação de bacias hidrográficas brasileiras segundo o método Pfafstetter, com uso de geoprocessamento. Encontro de Las Aguas, 2, 1999, Montevideo. **Proceedings...** Montevideo, Uruguay: IICA, 1999.

VERDIN, K. L.; VERDIN, J. P. A Topological System for Delineation and Codification of the Earth's River Basins. **Journal of Hydrology**, vol. 218, nº 1-2, 1999.