

# USO DE GEOTECNOLOGIAS NA ANÁLISE DE BACIAS HIDROGRÁFICAS URBANAS

## GEOTECHNOLOGY USE IN THE ANALYSIS OF URBAN WATERSHED

**Joice Martins Machado Bernardino<sup>1</sup>**  
**Ana Clara Mourão Moura<sup>1</sup>**  
**Rogério Palhares Zschaber de Araújo<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> **Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Laboratório de Geoprocessamento - Escola de Arquitetura**  
joice\_mms@hotmail.com  
anaclaramoura@yahoo.com.br

<sup>2</sup> **Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Departamento de Urbanismo da Escola de Arquitetura**  
rogerio@praxisbh.com.br

### RESUMO

O presente artigo propõe a avaliação da aplicação de geotecnologias no ensino da disciplina "Oficina de Planejamento Urbano e Habitação 2: Problemas de Planejamento de Ocupação em Sub-Bacias " ministrada no curso noturno de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). A disciplina faz a análise urbana na escala de bacias hidrográficas intraurbanas, sendo utilizadas, no caso, as sub-bacias integrantes da Bacia do Córrego Bonsucesso no município de Belo Horizonte. Primeiramente são introduzidos os conceitos de bacia hidrográfica e geotecnologias como ferramentas para disciplina e em seguida são realizadas as análises do meio físico e do meio antrópico, como o produto final são propostas intervenções para a área.

Foi objetivo da presente pesquisa a comparação do ganho de conhecimento que se pode ter na disciplina com a introdução de geotecnologias em etapas que antes eram executadas por processos de maquete física e mapas temáticos elaborados a mão livre. Foi também objetivo a elaboração de apostilas didáticas para orientação da autoinstrução em processos de modelagem tridimensional, caracterização e análise das condições de ocupação das sub-bacias urbanas. Além de mapas temáticos de infraestrutura, a análise da situação atual de ocupação e visitas de campo. A partir dessa experiência, esse artigo apresenta um estudo de caso que pode ser aplicado em outra disciplina ou projeto análogo com as devidas adaptações.

**Palavras chaves:** Bacia Hidrográfica, Ensino, Geoprocessamento.

### ABSTRACT

The present article proposes a review of the application of geo-technologies in the teaching of the discipline "Workshop on Urban Planning and Housing 2: Planning Issues Occupation in Sub-Basins " taught in evening classes in Architecture and Urbanism of the Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). The discipline makes the analysis in urban scale river basins urban, being used, in this case, the sub-basins members of the Creek Watershed Bom Sucesso in the municipality of Belo Horizonte. First are introduced the concepts of river basin and geo as tools For discipline and are then carried out the analysis of the physical environment and the man-made environment, as the final product are proposed interventions for the area.

It was objective of the present study, the comparison of the gain of knowledge that you can have in the discipline with the introduction of geotechnologies in steps that were previously performed by the processes of physical mock and thematic maps drawn up the free hand. It was also an objective the preparation of handouts for didactic orientation self instruction in processes of three-dimensional modeling, characterization and analysis of the conditions

of occupation of Sub-urban basins. In addition to thematic maps of infra-structure, the analysis of the current situation of occupation and field visits. From this experience, this article presents a case study that can be applied in another discipline or project analogous with the necessary adaptations.

**Keywords:** Basin, Teaching, Geotechnology.

## 1. INTRODUÇÃO

A bacia hidrográfica é uma área delimitada por divisores de águas, topos de morro, na qual a água proveniente da precipitação é captada de forma natural e escoada em suas superfícies vertentes. A rede de drenagem é formada por cursos d'água que convergem para seu único ponto de saída, a seção de exultório. (BORSATO; MARTONI, 2004 apud TEODORO *et al.*, 2007).

O desenvolvimento envolvendo um planejamento sustentável da ocupação do espaço urbano passa a ser utilizado no Brasil nos anos 90, promovendo uma gestão das águas que obedece aos mecanismos naturais de escoamento, com o controle da poluição e recuperação da infiltração em busca de desenvolver um escoamento pluvial sustentável. Esse estágio de desenvolvimento sustentável que acontece no Brasil envolve a integração entre várias etapas do planejamento urbano, projeto de implantação no espaço, o projeto arquitetônico e as funções da infraestrutura de água dentro do ambiente urbanizado. (TUCCI, 2008).

Um dos marcos desse desenvolvimento foi a instituição da lei federal 9.433/1997 institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e um de seus fundamentos é determinar que “a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos;” (BRASIL, Lei 9.433/1997, Art. 1º, inciso V).

O conceito de bacia hidrográfica é importante na formação do arquiteto urbanista para que possa relacionar a morfologia de ocupação dos parcelamentos e tipologias de uso com os impactos causados ao meio ambiente. Tal análise visa à implementação de medidas que possam mitigar os efeitos negativos causados; ou entender a dinâmica de funcionamento do sistema biótico de forma a propor ocupações futuras mais sustentáveis. Essa importância é um dos motivos pelos quais o curso de arquitetura e urbanismo noturno foi criado. O intuito é aproximar a formação de arquitetos urbanistas das questões urbano-ambientais e dos impactos da urbanização nos aspectos físicos, bióticos e socioeconômicos nas relações sociedade - natureza, especialmente no que se refere às camadas mais pobres da população. Em cotejo com essa proposta de abordagem fez-se necessário o aprimoramento da análise urbana com a incorporação de diversas camadas de informação, sendo o geoprocessamento uma importante ferramenta nesse processo.

A bacia selecionada para estudo foi a Bacia Hidrográfica do Córrego Bonsucesso localizada na Região Sul de Belo Horizonte e área total de 11,72 km<sup>2</sup>. O Córrego Bonsucesso é um afluente da margem direita do Ribeirão Arrudas nascendo nas encostas da Serra do Curral, próximo à divisa com o Município de Nova Lima.

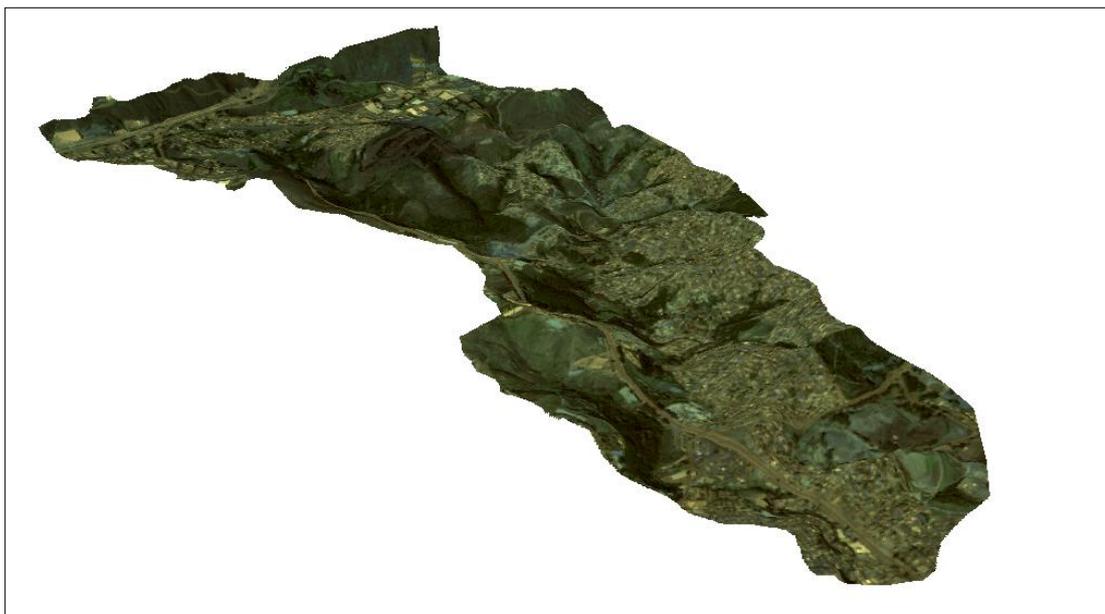


Fig. 1: Imagem 3D isométrica da Bacia Hidrográfica do Córrego do Bom Sucesso. Base de dados: Imagem *RapidEye*. Datum: UTM - SAD69.

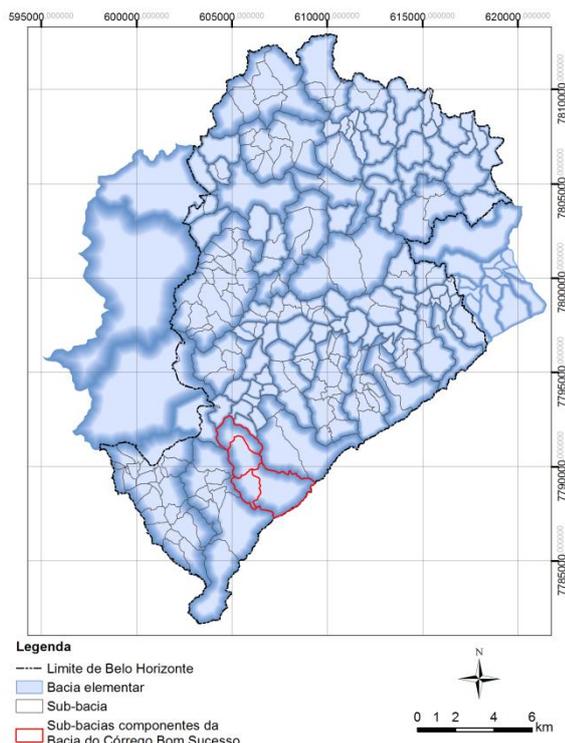


Fig. 2: Bacias hidrográficas de Belo Horizonte. Base de dados: PBH (2014). Datum: UTM - SAD69.

## 2. METODOLOGIA

Toda a metodologia do trabalho foi desenvolvida no Sistema de Informação Geográfica – SIG ArcGIS 10.2, uma vez que a Escola de Arquitetura assinou o contrato de *SiteLicence* e o aplicativo é de amplo acesso aos estudantes. São apresentados métodos para obtenção de dados de diferentes origens e análises de sub-bacias.

A geração de rede hidrológica foi elaborada pelo processo de mapeamento de fluxo de direção gerando mapas temáticos de declividade e hidrografia a partir de uma imagem Aster - Dem (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflecion Radiometer – Digital Elevation Model*) (Fig. 3). Esta possui informação de cota altimétrica em cada pixel que será o dado de referência na elaboração desses mapas. Também existem outras formas de obtenção dos dados topográficos que seriam: um mapa com as curvas de nível que possuam o valor da cota; imagem do SRTM (*Shuttle Radar Topographic Mission*) que possui as mesmas características da Aster-Dem, mas com uma precisão menor; ou uma imagem gerada por captura laser é formada por uma nuvem de pontos capturados usualmente a bordo de um avião.

As imagens Aster - Dem podem ser adquiridas gratuitamente para todo Brasil através da internet através dos quais é possível obter link para download: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/srtm.htm> para o Brasil e <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/index.htm> para Minas Gerais.

Os mapas temáticos de infraestrutura urbana, dos níveis de oferta de serviços básicos (água, luz, esgoto, coleta de lixo e vias de acesso) e dos padrões de ocupação e uso do solo foram feitos a partir de dados secundários da Companhia de Processamento de Dados do Município de Belo Horizonte - Prodabel, do Programa Drenurbs, da Lei 7.166/96 de Uso e Ocupação do Solo, modificada em 21 de Dezembro de 2000, pela Lei 8137 e em 20 de Julho de 2010 pela Lei 9959 que aprovou alterações nas Leis 7166/1996 e 8137/2000, e dados disponibilizados pelo Instituto de Geociências da UFMG e Censo Demográfico de 2010 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

O Programa DRENURBS / NASCENTES foi lançado pelo Município de Belo Horizonte por meio da Secretaria Municipal de Política Urbana. Elaborado para ser implementado em fases sucessivas, o Drenurbs está promovendo a despoluição dos cursos d'água, a redução dos riscos de inundação, o controle da produção de sedimentos e a integração dos recursos hídricos naturais ao cenário urbano. (PBH, 2014)

Após a conclusão dos mapas de caracterização da área é feita uma sobreposição das informações com o objetivo de, através de métodos de análise multicritérios, definir as áreas de relevância ambiental (que devem ser protegidas) e aquelas com boas condições para ocupação e adensamento. Os critérios utilizados na análise (variáveis, pesos e ponderações) são determinados pela turma no processo de levantamento de dados aliado à percepção ambiental tanto dos alunos (leitura técnica) quanto da população (leitura comunitária).

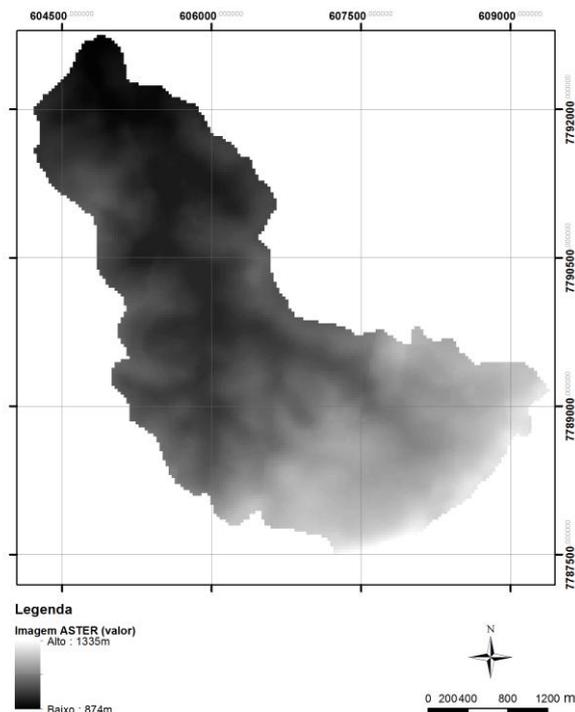


Fig. 3: Imagem ASTER da Bacia do Bom Sucesso. Base de dados: imagem Aster. Datum: UTM - SAD69

### 3. DESENVOLVIMENTO

#### 3.1 Rede hidrográfica

A Bacia Hidrográfica e as Sub-bacias foram delimitadas utilizando-se o processo automático utilizando a extensão *Hidrology* do ArcGIS. As etapas a serem seguidas são: direção de fluxo (*flow direction*), fluxo acumulado (*flow accumulation*), comprimento de fluxo, exibição de rios de maior ordem, transformação de raster para polígono e delimitação da bacia.

O mapa de direção de fluxo permite determinar o sentido das águas, pois a cada pixel da imagem o software atribui valores (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128) que correspondem as direções de coordenadas (Fig. 4). O método pelo qual as direções são determinadas chama-se D8 (*Eighth Direction Pour Point Model*) e são considerados os valores de altimetria contidos na Aster. O princípio de cálculo é que a água flui da célula de origem para uma de suas oito células vizinhas, traçando um caminho de acordo com a regra do trajeto mais íngreme. (O'CALLAGHAN; MARK 1984; TARBOTON, 1997).

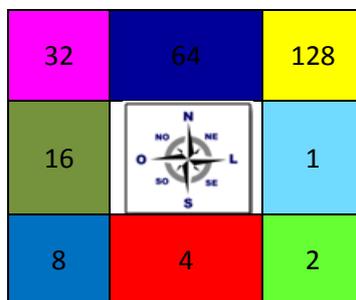


Fig. 4: Esquema da direção de fluxo. Fonte: adaptado de Sobrinho *et al.*(2007)

Deve-se atentar para as áreas que não possuem valor de altimetria atribuído e que podem causar erros no momento de geração desse mapa. Para tanto, às vezes, é necessário corrigir os erros que consiste no preenchimento das depressões (Fig. 5) que podem ser lagos, sumidouros, áreas de recarga de lençóis freáticos e afins, mas podem ser também dados errados contidos na base utilizada que seriam áreas com valores diferentes dos citados acima. A identificação dos pixels problemáticos é realizada através da ferramenta "*Sink*" e corrigida com o "*Fill*". Dessa maneira

é possível realizar com maior precisão o mapa de direção de fluxo (Fig. 6) definindo para onde convergem os maiores volumes de água e passar para a próxima etapa.

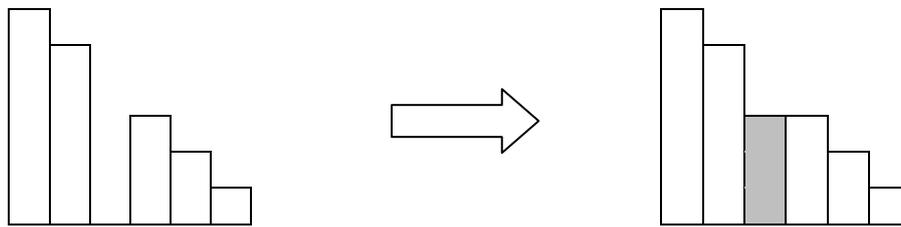


Fig. 5: Esquema de falha de cota altimétrica da imagem Aster e em seguida a correção. Fonte: adaptado de Sobrinho *et al.*(2007).

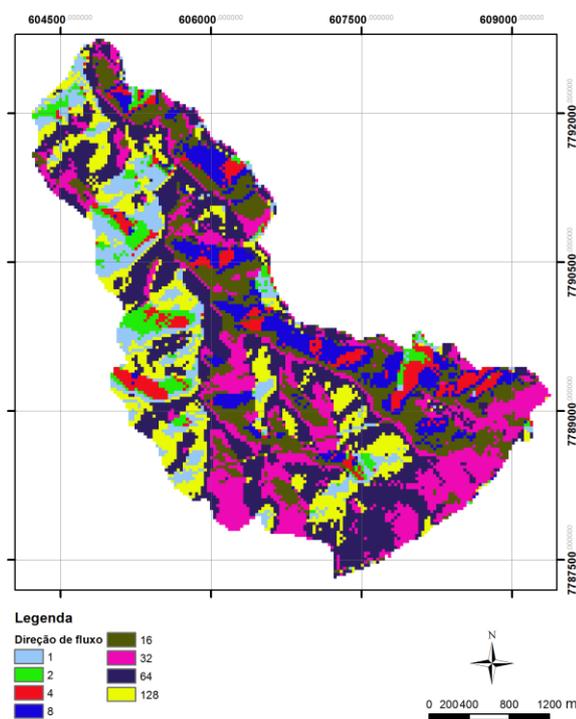


Fig. 6: Direção de fluxo. Base de dados: imagem Aster. Datum: UTM - SAD69.

Com as informações obtidas a partir da direção de fluxo faz-se o cálculo do fluxo acumulado. Este consiste em uma grade de acumulação que considera a soma da água drenada que verte em cada pixel vinda dos seus vizinhos topograficamente mais altos.

A estimativa do fluxo acumulado permite traçar a rede de drenagem, quando várias células drenam para uma determinada célula, atribuiu-se um valor a ela, criando um ranking a partir do valor de contribuição recebido para cada célula da matriz. Aquelas células que apresentarem os maiores valores derivados das respectivas contribuições compõem a rede de drenagem (PILESJÓ; ZHOU, 1997 apud SILVA, MOURA, 2013).

O mapa é gerado através da ferramenta “*flow accumulation*” e o resultado é um raster com o aspecto mostrado na (Fig. 7) no qual os pixels mais claros são os rios e quanto mais nítida a cor branca, maior a acumulação de água.

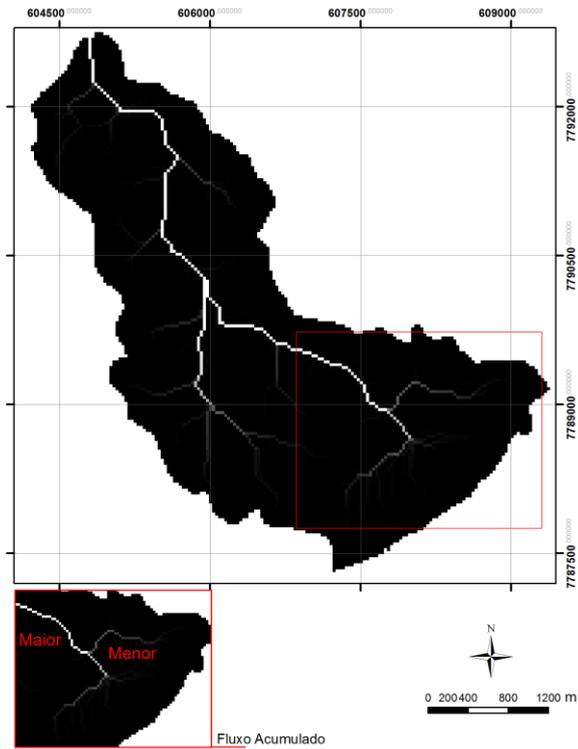


Fig. 7: Direção de fluxo. Base de dados: imagem Aster. Datum: UTM - SAD69.

A próxima etapa é definir a rede de drenagem. Nessa etapa podem ocorrer pequenas diferenças na determinação do início de um corpo d'água, pois ele pode variar de acordo com a referência que se possui ou nível de detalhamento de que necessita. O limiar de início de um corpo d'água pode ser obtido através de um dado catalogado como, por exemplo, um mapa do IBGE com o levantamento dos rios ou um ponto coletado em pesquisa de campo. No caso da disciplina foi escolhido um ponto em comum para todos da sala e seu valor localizado na tabela de atributos "*pixel value*" foi tomado como o ponto de partida da rede de drenagem, ou seja, as nascentes.

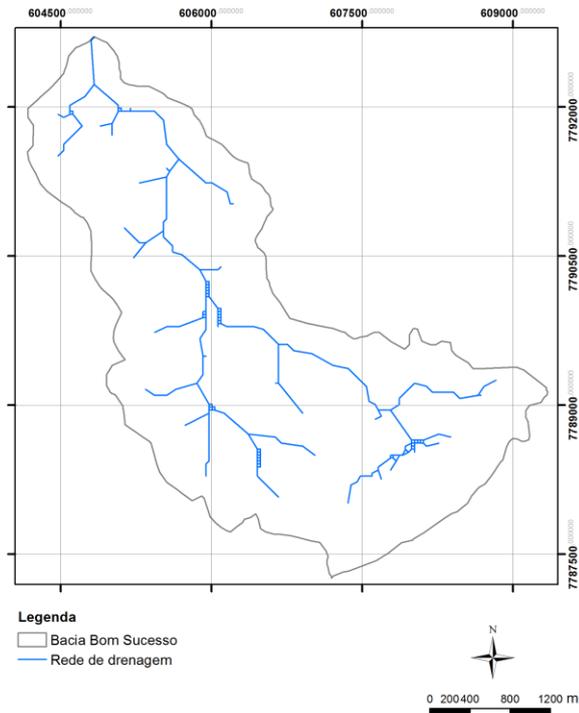


Fig. 8: Rede de Drenagem. Base de dados: imagem Aster. Datum: UTM - SAD69.

### 3.2 Altimetria

Como a imagem Aster possui cota é possível fazer o mapa de altimetria automaticamente, basta apenas modificar suas propriedades dividindo em classes e atribuindo cores, sendo que, usualmente as cores mais quentes determinam as cotas mais altas, enquanto as mais frias determinam as cotas mais baixas.

A altimetria de uma determinada região nos permite compreender sua conformação e, através disso, observar os caminhos principais da água. Além disso, deve ser considerada no momento da implantação de uma edificação, tendo em vista que existem restrições legais para a altitude máxima a que pode chegar um edifício, visando conservar as condições regionais de vento, paisagem e inclusive segurança de voo.

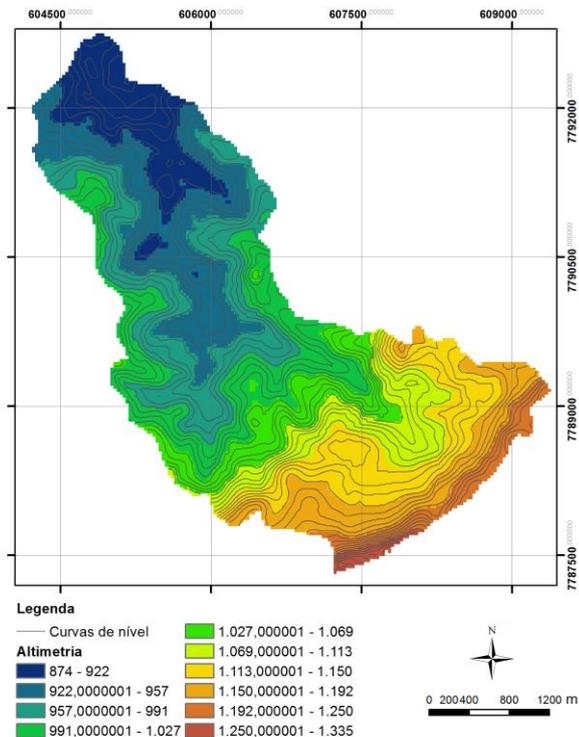


Fig. 9: Altimetria. Base de dados: imagem Aster. Datum: UTM - SAD69.

### 3.3 Declividade

A extração das declividades também é possível com a imagem Aster, utiliza-se a ferramenta "Slope" no caso de análises urbanas o aconselhável é que se classifique em porcentagem. Verifica-se que na área existem declividades de baixa à alta que varia de 0 à 68,39%. A legislação de Belo Horizonte não permite que se construa em declividades acima de 47% e restringe a construção entre 35 e 47% que só pode ser feita diante de um laudo geotécnico. Sendo a melhor região para edificar é entre 5 e 20%.

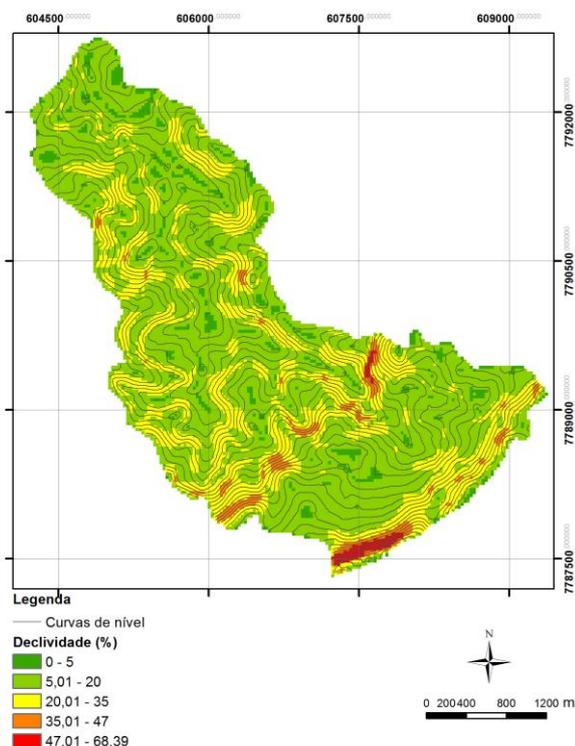


Fig. 10: Declividade. Base de dados: imagem Aster. Datum: UTM - SAD69.

### 3.4 Áreas de proteção ambiental

Até o momento todos os mapas gerados foram a partir da imagem Aster e por esse motivo os dados encontram-se na extensão raster. Então, nesse momento, é necessário transformar os dados da rede de drenagem para e topos de morro em vetor para que sejam delimitadas as áreas de proteção ambiental – APP. A transformação de raster em vetor é feita utilizando-se a ferramenta "raster to polyline".

As APPs são a faixa de proteção dos cursos d'água que, no caso, é de 15 metros e pode ser obtida utilizando a ferramenta "buffer". E os topos de morro que são os últimos 1/3 da altimetria da área de análise. Para separá-los do restante do terreno é realizado um cálculo subtraindo a menor cota da maior e descobre-se qual o ultimo terço. A imagem deve então ser classificada em duas classes que teria o topo de morro e o restante do território que não se encaixa no parâmetro. Com as duas classes definidas a imagem deve ser reclassificada utilizando-se o ferramenta "reclass", sendo que se atribui 1 ao valor do topo de morro e "no data" ao restante que significa deixar de considerar o dado. O raster gerado deve ser transformado em polígono com a ferramenta "raster to polygon". Por fim, somam-se os dos dados com a ferramenta "Merge". O mapa final das áreas de proteção ambiental está apresentado a seguir:

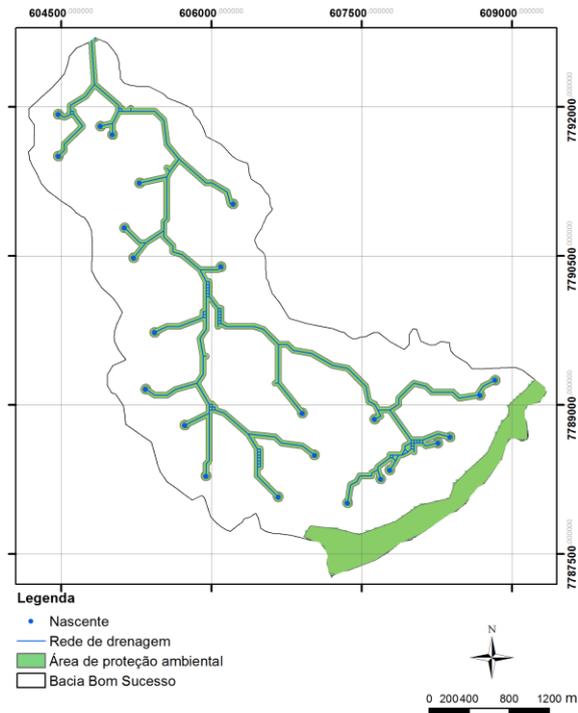


Fig. 11: Área de proteção ambiental. Base de dados: imagem Aster. Datum: UTM - SAD69.

### 3.5 Zoneamento

O zoneamento em Belo Horizonte é determinado pela lei n° 7.166/96 que divide o território municipal em zonas em função de suas características e demandas e defini os parâmetros urbanísticos de ocupação de cada área. No caso da Bacia do Bom Sucesso aparecem sete classes, a saber:

- ZAP: Zona de adensamento preferencial;
- ZAR-2: Zona de Adensamento Restrito 2;
- ZE: Zona de Grandes Equipamentos;
- ZEIS-1: Zona Especial de Interesse Social 1;
- ZEIS-3: Zona de Interesse Social 3;
- ZP-1: Zona de Proteção 1;
- ZPAM: Zona de Proteção Ambiental.

Sua delimitação já faz parte do banco de dados cedido pela Prefeitura Municipal de Belo Horizonte ao Laboratório de Geoprocessamento – Escola de Arquitetura.

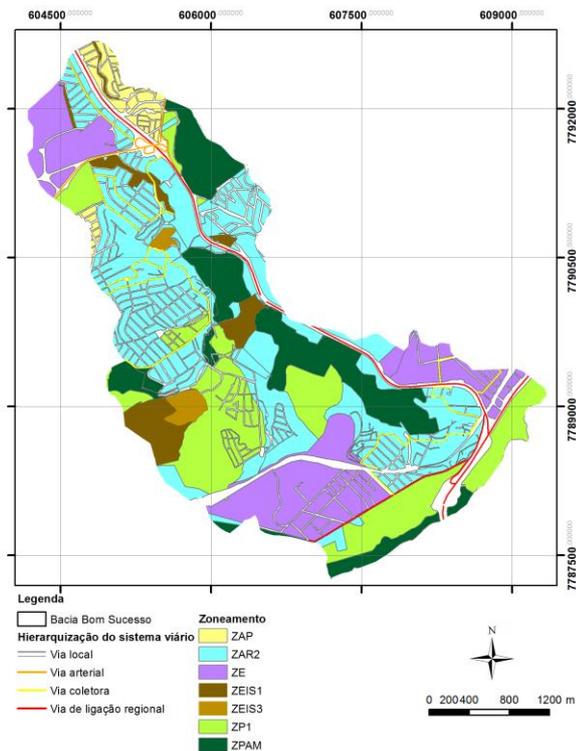


Fig. 12: Zoneamento. Base de dados: PBH/2014. Datum: UTM - SAD69.

### 3.6 Cobertura vegetal e ocupação do solo

O seguinte mapa (Fig. 13) apresenta as formas de ocupação da bacia, vetorizada a partir de imagem de satélite disponibilizada pelo próprio software "*Base Map*" e percepção de visitas de campo. Os usos foram identificados como residenciais, não residenciais, misto, além daqueles não definidos e a cobertura vegetal foi dividida em densa e rasteira.

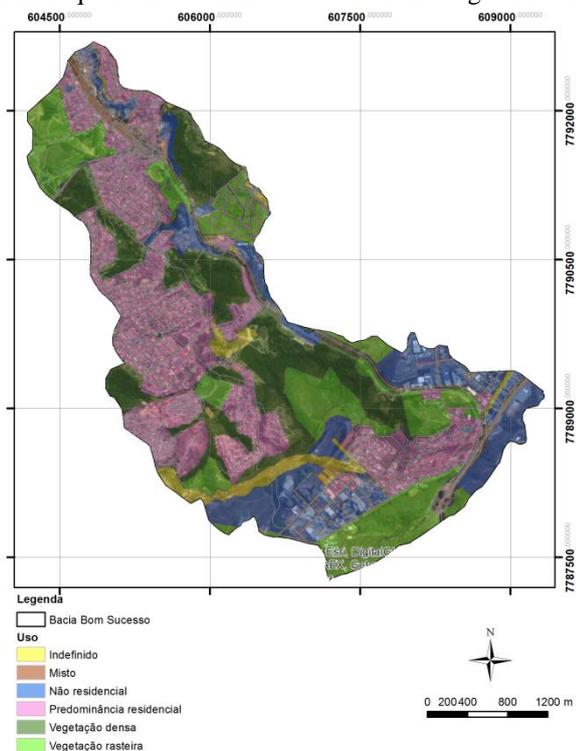


Fig. 13: Uso do solo e cobertura vegetal. Base de dados: imagem *Base Map*. Datum: UTM - SAD69.

### 3.7 Sistema de esgotamento sanitário e abastecimento de água

Os mapas de sistema de esgotamento sanitário e abastecimento de água tiveram como base os dados disponibilizados pelo Censo demográfico de 2010. O censo é uma pesquisa realizada no Brasil através de aplicação de questionários que, em seguida, serão analisados e suas informações passarão por uma complexa operação estatística para a compatibilização dos dados e é feito pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Ele é realizado em todo país, quando são investigadas as características da população e dos domicílios do território nacional e é disponibilizado também de forma gratuita através da internet no Link: <http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais>.

Os dados são disponibilizados no formato de tabela no Excel, mas podem ser importadas no ArqGIS. Para tanto é necessário que haja um shape com uma tabela de atributos e que nesta tabela haja uma coluna com dados iguais a do Excel para que possam ser comparados e em seguida unir as tabelas com a ferramenta "Join". A base de dados de comparação é o número do setor censitário que está presente em todas as tabelas. Sendo que o "Setor censitário é a menor unidade territorial, formada por área contínua, integralmente contida em área urbana ou rural, com dimensão adequada à operação de pesquisas e cujo conjunto esgota a totalidade do Território Nacional, o que permite assegurar a plena cobertura do País." (IBGE, 2011, p. 2).

No caso da disciplina foram classificados os domicílios particulares permanentes atendidos por rede de esgoto (Fig. 14) e os domicílios particulares permanentes com abastecimento de água (Fig. 15). Verifica-se que grande parte da bacia é atendida por esgotamento sanitário e abastecimento de água, pois nos locais onde há a predominância de uso residencial há também os maiores índices de atendimento nos dois casos.

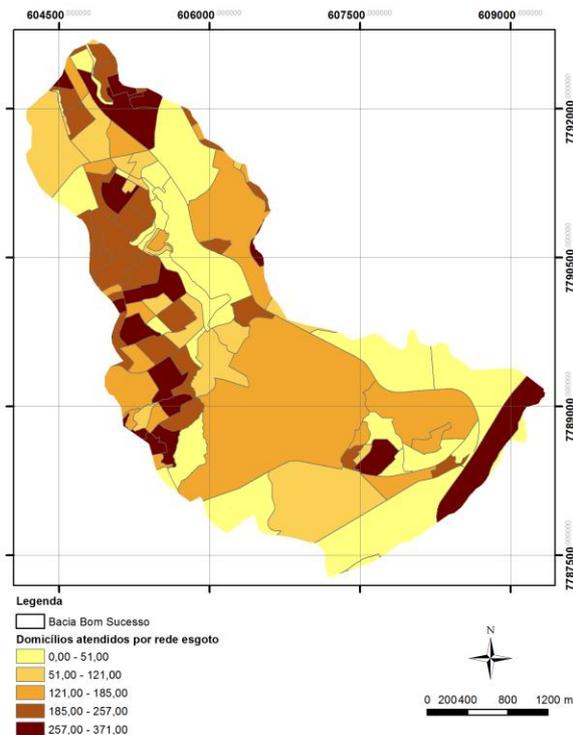


Fig. 14: Esgotamento sanitário. Base de dados: IBGE/2010. Datum: UTM - SAD69.

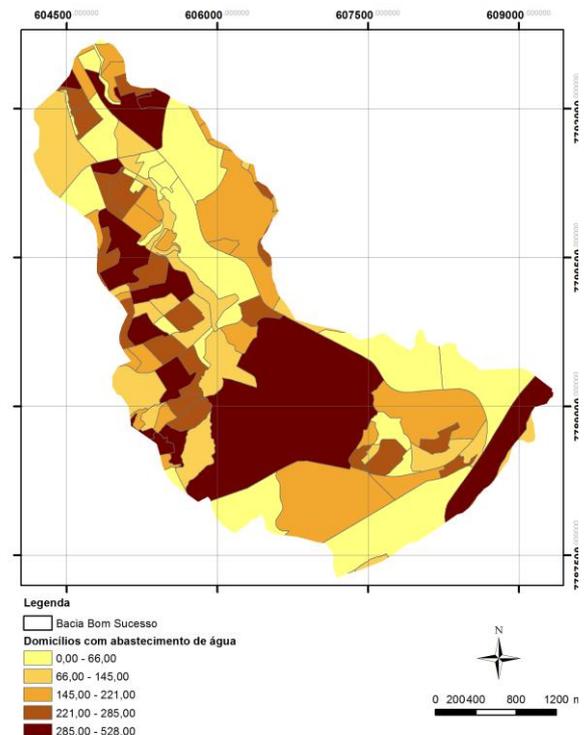


Fig. 15: Abastecimento de água. Base de dados: IBGE/2010. Datum: UTM - SAD69.

### 3.8 Potencial de uso segundo a geologia

O estudo do potencial de uso do segundo a geologia é importante, pois a instalação de obras de engenharia fixam-se ao solo e as rochas e são totalmente dependentes de sua estrutura. As rochas podem possuir características que potencializem a ocupação ou, por outro lado, que desestimulem a ocupação. No caso da disciplina foi considerado o Estudo realizado por Maria Giovana Parizzi, no qual já foram analisadas e classificadas as unidades litológicas de toda Região Metropolitana de Belo Horizonte - RMBH "(...) agrupadas em 10 unidades geotécnicas de acordo com suas características mecânicas, suas potencialidades e susceptibilidades. Cada grupo recebeu uma nota, variando de zero a 10, correspondente a sua adequabilidade de ocupação." (PARIZZI *et al.*, 2010, p.1)

Classificação segundo o potencial de uso:

- 5 – rochas alteradas e restrições quanto ao risco de escorregamento, mas dependendo do corte (declividade e direção) ele desce.
- 7 – solo resistente à erosão com eventuais quedas de bloco e escorregamento, topo das serras, possuem importância econômica e paisagística.
- 8 – solo adequado para ocupação com restrição de solos alterados (erosão e escorregamentos) e rochas que podem ter queda de blocos.

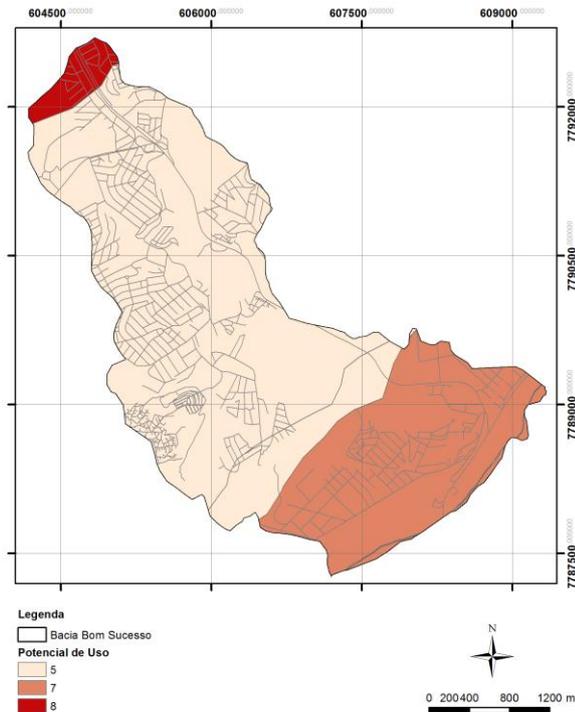


Fig. 16: Potencial de uso segundo a geologia. Base de dados: PIRIZZI *et al.* (2010). Datum: UTM - SAD69.

#### 4. ANÁLISE

Com o intuito de exemplificar o processo de integração de variáveis e composição de diagnósticos territoriais foi realizada uma análise multicritérios para a escolha de áreas favoráveis ao adensamento. O processo de análise multicritérios consiste primeiramente na escolha de variáveis, as quais serão atribuídas graus de importância de acordo com o objetivo final da análise podendo ser utilizados fatores de ponderação na hora do cálculo. A matemática empregada é a média simples ponderada, também sendo possível a utilização da lógica *fuzzy* para atribuir os pesos e as notas. No presente estudo o processo adotado foi de atribuição por pesos por consulta aos especialistas envolvidos (professores de planejamento urbano) e atribuição de notas segundo o grau de pertinência do componente de legenda para o objetivo de análise. Uma vez atribuídos esses valores é aplicada a álgebra de mapas pela média ponderada.

Os pesos e as notas podem ser escolhidos a partir de vários métodos que seria a consulta diretamente a especialistas da área ou o método Delphi, este, trata-se da busca de um consenso entre um grupo de pessoas consultadas. Para aplicação do Delphi é necessário que haja troca de informação e opinião entre os entrevistados, anonimato das respostas e possibilidade de troca de opinião.

Para a análise multicritérios os dados devem estar no formato raster, então todos os dados vetoriais devem primeiramente ser transformados. O primeiro passo é definir qual o tamanho da célula de análise, isso irá depender do grau de precisão do seu dado. No caso desse estudo tomou-se como base a célula de 30 X 30m, pois é a resolução da imagem Aster utilizada nas análises. Em seguida deve-se reclassificar a imagem de acordo com as notas determinadas utilizando a ferramenta “*Reclassify*”. Por fim, o cálculo é feito considerando os pesos com a ferramenta “*Raster Calculator*”.

A seguir são apresentadas as tabelas com as notas e pesos adotados na análise.

TABELA 1- NOTAS PARA O ZONEAMENTO

Zoneamento	Nota
ZAP: Zona de adensamento preferencial;	10
ZAR-2: Zona de Adensamento Restrito	2
ZE: Zona de Grandes Equipamentos	3
ZEIS-1: Zona Especial de Interesse Social 1	1
ZEIS-3: Zona de Interesse Social 3	1
ZP-1: Zona de Proteção 1	0
ZPAM: Zona de Proteção Ambiental	0

TABELA 2- NOTAS PARA DECLIVIDADE

Declividade	Nota
0 – 5%	5
5 – 20%	10
20 – 35%	8
35 – 47%	1
Acima de 47%	No Data

TABELA 3- NOTAS PARA TIPOLOGIA DE OCUPAÇÃO

Tipologia	Nota
Residencial	10
Não Residencial	5
Misto	8
Indefinido	No Data
Vegetação rasteira	8
Vegetação densa	2

TABELA 4- NOTAS PARA ÁREAS DE PROTEÇÃO

Áreas	Nota
Com proteção ambiental	No Data
Sem proteção ambiental	10

TABELA 5- NOTAS DE POTENCIAL DE USO SEGUNDO A GEOLOGIA

Potencial de uso	Nota
5	5
7	7
8	8

TABELA 6 - PESOS

Item	Nota
Zoneamento	0,2
Declividade	0,3
Tipologia de Ocupação	0,2
Áreas com proteção ambiental	0,1
Potencial de uso segundo a geologia	0,2

## 5. DISCUSSÃO DE RESULTADOS

A análise de integração de variáveis por multicritérios apontou prioritariamente para dois lugares com nota de 9,6 que se encontram mais a jusante da bacia com uma boa topografia, legislação urbanística que estimula a ocupação e pouca restrição ambiental. Há também várias regiões de médio potencial que podem ser trabalhadas que coincidem com as ocupações já existentes, mas não densas. Houve ainda várias áreas de baixo interesse que são aquelas que devem ser mantidas com baixa densidade de ocupação em função de interesses ambientais. Sendo assim, verifica-se que a área como um todo, é uma Bacia Hidrográfica com muitas restrições topográficas e de APPs, de forma que não suportaria um adensamento.

A partir desse momento os alunos podem propor projetos ou programas para a área em consonância com o diagnóstico que pode ser, por exemplo, a instalação de um parque nas áreas a serem protegidas ou até mesmo um grande condomínio de apartamentos no local a ser adensado. Poderia ainda ser feito um programa de proteção dos topos de morro que são justamente a montante da bacia, sendo a área de recarga para o Córrego do Bom Sucesso.

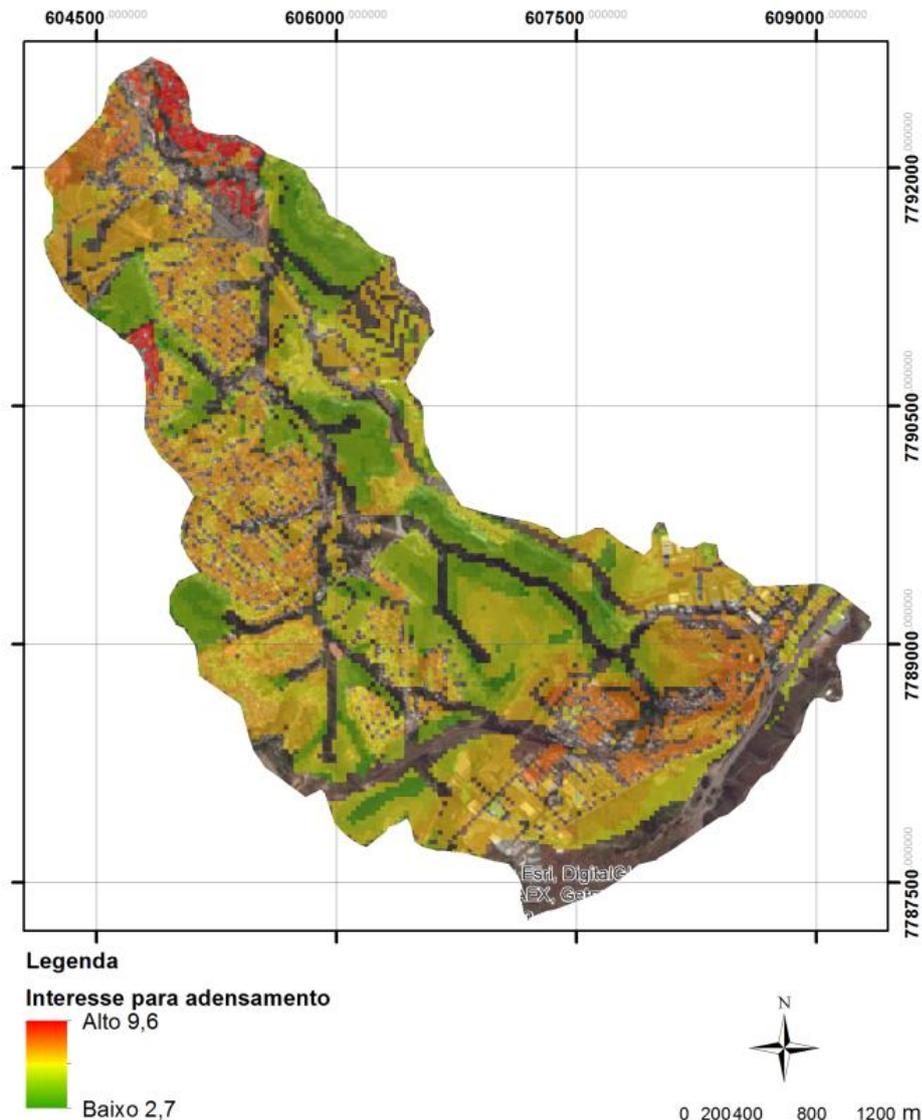


Fig. 17: Áreas para adensamento. Datum: UTM - SAD69.

## 6. CONCLUSÃO

Diante do trabalho realizado e do diagnóstico feito é possível perceber o ganho de conhecimento obtido pelos alunos com o uso de geotecnologias em relação ao que antes era realizado pelo processo tradicional de cálculo manual, desenho e montagem de maquete física. Com os arquivos digitais utilizados para visualização de informações, tanto no formato de mapas temáticos como na maquete tridimensional digital, os alunos puderam analisar aspectos urbanos e, além disso, trabalharem com o uso de softwares. O ArcGIS possui uma ampla gama de ferramentas que permite ao aluno manipular os dados e representá-los da forma que lhes convier, ajudando na assimilação das informações.

No caso do estudo optou-se pela utilização do ArcGis em função da licença plena adquirida pela Escola de Arquitetura da UFMG (SiteLicence). Porém os procedimentos adotados podem ser aplicados em outros softwares gratuitos, como por exemplo, Spring, TerraView, QuantumGis. Talvez não todas as etapas no mesmo software, mas através da composição de um roteiro metodológico que estruture um eixo de trabalho que explore o melhor de cada aplicativo (a exemplo, tratamento dos dados de sub-bacia da imagem Aster-Dem no Spring, trabalho com banco de dados no TerraView e visualizações no QuantumGis).

O trabalho irá continuar no próximo semestre com as futuras turmas, sempre atualizando o banco de dados devido à dinâmica de ocupação do território e mudança nas leis, dinâmica essa que também implica em diagnósticos diferentes adaptados ao momento do estudo.

É imprescindível uma boa base de dados para se trabalhar na análise urbana. Sendo assim, foi um dos objetivos desse trabalho dar subsídios para a procura de dados públicos e gratuitos que estão disponíveis na internet já em formato vetorial, em raster ou até mesmo em outras extensões que podem ser transformadas em shape para que todos consigam montar um banco de dados consistentem.

O resultado do estudo serão disponibilizados no web site: <http://geoproea.arq.ufmg.br/> para que todos possam ter acesso e utilizem a metodologia de análise não somente para a escala de Bacia Hidrográfica, foco do estudo, mas também para diagnósticos entre outras escalas urbanas. Visto que a incorporação de geotecnologias no ensino contribui para a ampliação do conhecimento e também permite análises complexas de formas automatizadas.

Destaca-se, ainda, o caráter atual da abordagem de planejamento urbano proposta pelo Curso de Arquitetura e Urbanismo Noturno, que separa os estudos urbanos segundo as escalas de nível local, sub-bacia, municipal e regional, favorecendo a compreensão do território urbano de modo muito rico. No caso de sub-bacia, em específico, incorpora-se o olhar ambiental e comprometido com o contexto do uso antrópico da paisagem ambiental. Nesse sentido, a incorporação de ferramentas atuais com *state-of-design* (estado do desenho) ao olhar muito atual sobre o *state-of-art* (estado-da-arte) do planejamento urbano faz do curso uma referência de práticas inovadoras contemporâneas.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às bolsas PIQEG 2014 (Pró-Reitoria de Graduação). Os autores agradecem o apoio da Pró-reitoria de graduação para a participação no evento. Os autores agradecem a Fapemig pelo apoio financeiro à participação no evento.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. Lei Federal 9.433/1997 da Política Nacional de Recursos Hídricos. Brasília, 8 de janeiro de 1997.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Demográfico 2010. Disponível em: <<http://censo2010.ibge.gov.br/resultados>>, acesso em: maio/2014.

O'CALLAGHAN, J. F.; MARK, D.M. The Extraction of Drainage Networks from Digital Elevation Data. **Computer Vision, Graphics, and Image Processing**, n. 28, p. 323-344, 1984.

PARIZZI, M. G. ; MOURA, A. C. M.; MAGALHÃES, D. M.; Memória, Eduardo. **Mapa de unidades geotécnicas da Região Metropolitana de Belo Horizonte**, MG.2010. (Relatório Técnico PDDI).

PBH – Prefeitura Municipal de Belo Horizonte. Consolidação da Lei de Parcelamento, Ocupação e Uso do Solo do Município de Belo Horizonte. Lei nº 7166/1996 com alterações introduzidas pela Lei nº 8137/2000 e Lei nº 9959/2010. Belo Horizonte, 2010.

Programa Drenurbs. Disponível em: <[http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicasurbanas&lang=pt\\_BR&pg=5562&tax=16906](http://portalpbh.pbh.gov.br/pbh/ecp/comunidade.do?evento=portlet&pIdPlc=ecpTaxonomiaMenuPortal&app=politicasurbanas&lang=pt_BR&pg=5562&tax=16906)>, acesso em junho/2014.

SILVA, J. R.; MOURA, A. C. M. **Delimitação automática de sub-bacias hidrográficas no município de Ouro Preto-MG. No:** Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013, INPE.

SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P. T. S.; RODRIGUES, D. B. B.; AYRES, F. M. **Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Dados Srtm.** Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v30n1/a05v30n1>>, acesso em: maio/2007.

TEODORO, V. L. I. ; TEIXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. **O Conceito de Bacia Hidrográfica e a Importância da Caracterização Morfométrica para o Entendimento da Dinâmica Ambiental Local.** Revista UNIARA, n.20, 2007. Disponível em: < [http://www.uniara.com.br/revistauniara/pdf/20/RevUniara20\\_11.pdf](http://www.uniara.com.br/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf)>, acesso em junho/2014.

TUCCI, E. M. **Gestão integrada das águas urbanas.** 2008