CONTRIBUIÇÕES DA GEOMORFOLOGIA APLICADA NO PLANEJAMENTO DA DRENAGEM URBANA: Estudo de Caso do Município de Goiânia, Goiás, Brasil

GEOMORPHOLOGY ASSISTANCE APPLIED IN URBAN PLANNING DRAINAGE: Case Study of the Municipality of Goiania, Goiás, Brazil

GÉOMORPHOLOGIE ASSISTANCE A APPLIQUER DANS URBANISME DRAINAGE: Étude de cas de la ville de Goiânia, Goiás, Brésil

Joildes Brasil
Universidade Federal de Goiás – UFG
joildesbrasil@yahoo.com.br

Resumo: No cenário atual, diante um aparato tecnológico vasto, ainda persistem os problemas relacionados ao mal uso dos recursos naturais, em especial a água. No ambiente urbano, as alterações da paisagem têm ocorrido de forma mais acelerada, de tal forma que a natureza não consegue voltar com a mesma velocidade ao seu estado natural de equilíbrio dinâmico. Torna-se necessário haver um planejamento físico-territorial-ambiental que respeite as fragilidades naturais do ambiente e ao mesmo tempo esteja de acordo com as condições físicas e sociais que formam o ambiente urbano. Nesse contexto, o presente artigo busca discutir o papel da chamada Geomorfologia Aplicada dentro do planejamento da drenagem urbana. Para isso serão discutidos alguns temas relacionados a Geomorfologia, Geotecnologias e do Planejamento Ambiental, e por trataremos através de um estudo de caso sobre como os produtos SRTM contribuem na análise das condições da drenagem do Município de Goiânia (GO).

Palavras-chave: Geomorfologia, Geotecnologias; Planejamento Ambiental; Drenagem Urbana.

Abstract: In the present scenario, on a vast technological apparatus, there are still problems related to the misuse of natural resources, especially water. In the urban environment, the landscape change has occurred more rapidly, so that nature cannot come back with the same speed to its natural state of dynamic equilibrium. It is necessary to be a physical-territorial and environmental planning that respects the natural environment weaknesses and at the same time is consistent with the physical and social conditions that make up the urban environment. In this context, this article discusses the role of so-called Applied

Geomorphology in the planning of urban drainage. For this we discuss some issues related to geomorphology, Geotechnologies and Environmental Planning, and will deal through a case study on how the SRTM products contribute in the analysis of the conditions of drainage of the city of Goiania (GO).

Keywords: Geomorphology, Geotechnologies, Environmental planning, Urban drainage.

Résumé: Dans le scénario actuel, sur un vaste appareil technologique, il ya encore des problèmes liés à la mauvaise utilisation des ressources naturelles, notamment l'eau. En milieu urbain le changement de paysage a eu lieu plus rapidement, de sorte que la nature ne peut pas revenir à la même vitesse à son état naturel d'équilibre dynamique. Il est nécessaire d'être un aménagement physique-territorial et environnemental qui respecte les faiblesses de l'environnement naturel et en même temps, est compatible avec les conditions physiques et sociales qui composent l'environnement urbain. Dans ce contexte, cet article examine le rôle de ce qu'on appelle appliquée géomorphologie dans la planification du drainage urbain. Pour cela, nous discutons de certaines questions liées à la géomorphologie, géotechnologies et de la planification de l'environnement, et nous allons traiter à travers une étude de cas sur la façon dont les produits contribuent SRTM dans l'analyse des conditions de drainage de la ville de Goiânia (GO).

Mots-clés: Géomorphologie, Géotechnologies, Planification environnementale; Le drainage urbain.

INTRODUÇÃO

Esse artigo tem como objetivo discorrer a relevância do conhecimento geomorfológico para um melhor planejamento e gestão dos recursos hídricos no contexto das cidades. Para tanto, serão discutidos ao longo do texto questões consideradas relevantes sobre alguns aspectos conceituais dentro da Geomorfologia, Geotecnologias e do Planejamento Ambiental, assim como serão também apresentados alguns problemas pertinentes que dificultam a efetivação dos projetos e planos ambientais dentro da realidade brasileira.

No contexto da Geografia Física ou Geografia da Natureza, a geomorfologia é um instrumento essencial para compreensão dos fenômenos naturais e dos processos dinâmicos de fluxo de energia e matéria que ocorrem constantemente no extrato geográfico, bem como analisa as inter-relações desses eventos naturais com a sociedade. Entre as vertentes existentes dentro da geomorfologia, trataremos nesse artigo o papel ou as contribuições da chamada Geomorfologia Aplicada. Segundo Gregory apud Ross (2009) "o objetivo da geomorfologia aplicada não é prevenir ou reduzir o desenvolvimento ou o uso dos recursos, mas, em vez disso, otimizar aquele uso, reduzindo tanto os custos quanto os impactos" (ROSS, 2009, p. 17). Ou seja, conhecer as características do espaço geográfico para melhor utiliza-lo, respeitando, portanto, suas potencialidades e fragilidades naturais.

Até então, os estudos da Geomorfologia Aplicada têm se mostrado relevantes não só em termos científicos ou acadêmicos, mas dentro do cenário de políticas urbanas, mais

especificamente como subsídio ao Planejamento Ambiental. Em tese, espera-se que esse planejamento ambiental, através da análise geossistêmica, crie condições de um uso e ocupação racional dos sistemas ambientais — ou variáveis geoambientais, como o substrato rochoso, tipo de solo, formas do relevo e os recursos hídricos.

Conforme mencionado anteriormente, o presente artigo irá discutir, em especial, a aplicação dos estudos geomorfológicos no planejamento ambiental dos recursos hídricos em ambiente urbano. É fato que os recursos hídricos são recursos naturais, e, portanto, fariam parte da análise integrada do planejamento e gestão ambiental. Entretanto, diante o crescimento exponencial das pequenas e médias cidades brasileiras, e com isso o incremento dos conflitos de uso e ocupação dos recursos hídricos, torna-se relevante uma análise particularizada desse componente (MUÑOZ, 2000). Essa assertiva é comprovada com base na própria legislação ambiental brasileira, que reconhece através da lei 9.433/97 a importância e a especificidade dos recursos hídricos, e por isso foi instituído um sistema independente para seu gerenciamento.

No atual meio técnico-científico-informacional, vivemos hoje um momento único na história da humanidade, onde as informações chegam até nós de forma instantânea. Esses avanços tecnológicos refletiram positivamente nos estudos ambientais, de modo geral, mas principalmente nas chamadas Geotecnologias. O uso integrado de ferramentas como Sistema de Informação Geográfica (SIG), Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global (Global Positioning System – GPS) e softwares de Geoprocessamento, permitem aos usuários a geração de forma rápida e acurada de informações geoespaciais.

Nesse sentido, torna-se cada vez mais relevante a aplicação dos conhecimentos geomorfológicos e das ferramentas de SIG no planejamento e gestão dos recursos hídricos. Ainda que essa análise deva ser compreendida a luz da dinâmica de bacias hidrográficas, uma vez que estas são unidades básicas de planejamento (BRASIL, 1997), deve-se também chamar atenção para o ambiente urbano, criando melhores condições para o planejamento e gestão da drenagem urbana.

METODOLOGIA

Afim de alcançar os objetivos propostos no artigo, incialmente foram realizadas coleta e seleção de referencial teórico sobre os seguintes temas: Drenagem Urbana (POMPÊO, 2000; MUNOZ, 2002), Planejamento Ambiental (ROSS, 1994; ROSS, 2009), Geomorfologia Aplicada (SAADI, 1997; GUERRA, 2003; CASSETI, 2005) e Geotecnologias (ROSA, 2005; GROHMANN et al., 2008; MEDEIROS et al., 2009).

Após realizado o levantamento teórico e metodológico sobre o tema, foi selecionada a área de pesquisa, município de Goiânia (GO), como estudo de caso para discussão dos conceitos abordados, com objetivo de apresentar as contribuições da geomorfologia aplicada, através de produtos SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) no estudo da drenagem urbana.

Em ambiente SIG, foram utilizadas imagens SRTM, com resolução espacial de trinta metros, a partir das quais foram gerados os mapas de hispometria, declividade e relevo

sombreado. A delimitação da rede hidrográfica foi realizada manualmente com imagens do satélite RapidEye, com resolução espacial de cinco metros, do ano de 2013. As imagens de radar, de satélite e a rede hidrográfica estavam projetados com o sistema de coordenadas planas Universal Transversa de Mercator (UTM), datum SIRGAS 2000 e fuso 22S. Os produtos utilizados neste trabalho foram disponibilizados gratuitamente pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento (LAPIG), da Universidade Federal de Goiás.

DISCUSSÃO

Geomorfologia no Planejamento Ambiental

Hodiernamente, a Geomorfologia é um ramo científico trabalhado enquanto disciplina dentro das grades curriculares de cursos de Geografia, Geologia, Ecologia, Engenharia Ambiental, Ciências Ambientais, entre outros relacionados a chamada Ciências da Terra. Em termos conceituais, como afirma Casseti (2005), a Geomorfologia é um conhecimento específico, sistematizado, que tem como objetivo a análise do relevo terrestre. O relevo, por sua vez, "constitui a expressão física das condições de equilíbrio reinantes na litosfera, ou seja, no substrato de todos os equipamentos implantados pelo homem" (SAADI, 1997, p. 1).

São muitas as aplicações dos conhecimentos geomorfológicos na análise da paisagem, seja para o estudo da gênese e dinâmica do relevo, análise de bacias hidrográficas, uso e ocupação do solo, análise da expansão urbana, impactos ambientais, entre outras finalidades. Mas, como já frisado no artigo, os estudos geomorfológicos quando contextualizados nas suas devidas escalas de análise podem contribuir positivamente para o Planejamento Ambiental.

Guerra (2003) discorre de maneira sucinta o papel da geomorfologia nos recursos hídricos, que se dá hoje principalmente através dos estudos sobre bacias hidrográficas como ferramenta no diagnóstico de áreas degradadas. Conforme o autor, "esse estudo das formas de relevo é útil não só na recuperação de áreas degradadas, mas também, na prevenção da ocorrência de tais processos, que acontecem, em especial, sobre as encostas" (GUERRA, 2003, p. 386).

Tem se observado, que antropização acelerada ocorrida nas últimas décadas nos grandes centros urbanos brasileiros, não veio acompanhada de um planejamento ambiental, ou pelo menos, este não foi aplicado de forma satisfatória. Uma vez que, todos os anos é frequente os casos de catástrofes naturais, como: deslizamento de terra, em função de movimentos de massa provocados por ocupação em área de risco; enchentes, nas áreas de baixadas ou próximas as áreas de planície fluvial e/ou lacustre. Essas catástrofes, por sua vez, estão associadas a problemas preliminares de uso irregular do solo urbano, que altera processos naturais como erosão e assoreamento, e quando não mitigados, podem engendrar os impactos ambientais supracitados.

A partir do exposto, percebe-se que um desconhecimento com relação a geomorfologia urbana ou simplesmente descaso pelo tema, pode resultar no mau uso e ocupação do solo da

cidade, que reflete negativamente tanto para os cidadãos, afetados pelos impactos, quanto para o meio ambiente, que passa a estar em desequilíbrio. Acerca desse assunto, Ross (1994) afirma:

> m função de todos os problemas ambientais decorrentes das práticas econômicas predatórias, que têm marcado a história do país, e que obviamente tem aplicações para a sociedade a médio e longo prazos, face ao desperdício dos recursos naturais e a degradação generalizada com perda de qualidade ambiental e de vida, é que torna-se cada vez mais urgente o Planejamento Físico Territorial não só como perspectiva econômico-social, mas também ambiental (ROSS, 1994, p. 64).

Dentro dessa perspectiva, o autor alerta quanto a necessidade por parte dos tomadores de decisão de criar estratégias de ação sustentáveis as quais não estejam presas ou limitadas única e exclusivamente aos avanços econômicos e tecnológicos, mas que estejam pautadas num desenvolvimento que usufrua racionalmente das potencialidades dos recursos naturais, mas ao mesmo tempo respeitem as fragilidades diante a intervenção humana.

Esse planejamento, seja na esfera federal, estadual, municipal ou a nível de bacia hidrográfica tem como objetivo o ordenamento e uso do território. Como discutido até o momento, os estudos geomorfológicos podem ser ferramentas promissoras dentro desse planejamento, que através da análise multidisciplinar por parte de vários profissionais (Geógrafo, Engenheiro, Arquiteto, Geólogo, entre outros) pode criar cenários atuais e futuros da dinâmica da paisagem.

Drenagem Urbana e os Desafios no Planejamento Ambiental

O crescimento desordenado das cidades brasileiras vem sido acompanhado da alteração da paisagem, principalmente no que se refere a duas variáveis ambientais: solo e água. A mudança do uso e ocupação do solo tem refletido em impactos como erosão acelerada, deslizamento de terra, assoreamento dos cursos d'água, etc. Esses impactos, por sua vez, refletem também noutro componente da paisagem, a água. Em termos de sistema de drenagem urbana, observa-se mais frequentemente impactos ambientais e sociais relacionados ao: encurtamento dos canais, alteração da morfologia natural desses rios, desequilíbrio do ciclo hidrológico, enchentes e doenças de veiculação hídrica. Impactos estes que comprometem tanto quantidade como qualidade da água.

Mais do que uma questão de engenharia, o uso da água deve ser tratado de forma sustentável, seja no meio urbano como no meio rural. Alguns dos impactos supracitados, ainda que sejam fenômenos naturais, como no caso das enchentes, quando ocorrem em áreas urbanas são geralmente de grande magnitude do que normalmente seriam. Isso ocorre principalmente em função de chuvas intensas, que fazem com que ocorra o transbordamento dos cursos d'água, e com isso gere um desequilíbrio no ciclo hidrológico. Esse desequilíbrio tem origem incialmente pela modificação da paisagem pelo desmatamento e substituição da cobertura natural, que "resultam simultaneamente em redução de tempos de concentração e em aumento do volume de escoamento superficial, causando extravasamento de cursos d'água" (POMPÊO, 2000, p. 16).

O estudo da drenagem urbana, por meio de ferramentas como o Plano Diretor de Drenagem Urbana, pode auxiliar no uso racional dos recursos hídricos no meio urbano,

diante da pressão negativa que o processo de urbanização vem provocando a esse recurso natural indispensável para a própria manutenção das cidades e da qualidade de vida dos seus cidadãos. Todavia, um dos grandes desafios da implementação de um sistema de drenagem urbana sustentável é conciliar o planejamento e gerenciamento ambiental dos recursos hídricos com os conflitos de usos e interesses múltiplos por parte dos usuários. Não pode haver planejamento ambiental sem que haja fiscalização ou gestão que faça comprimir os requisitos legais para o uso sustentável na água, tão pouco, os tomadores de decisão não devem apenas apresentar restrições do uso, mas devem analisar a realidade da ocupação da cidade e criar estratégias para que a população, geralmente mais carente (que ocupa áreas irregulares) possam ser realocadas. Nesse ponto, a diversidade social deve ser levada em consideração dentro do planejamento ambiental, salientando a motivação para a participação da comunidade dentro do processo de tomada de decisão.

De acordo com Martins (2012), as premissas da gestão da drenagem urbana estão fundamentadas em três etapas: Planejamento, Procedimento e Preparo. Como já dado ênfase neste artigo, o planejamento refere-se ao aparato técnico. De acordo com o autor

"Planejamento inclui atividades como a elaboração dos planos diretores, projeto e implantação de sistemas de redução de risco e exige o uso maciço de todo o elenco de medidas, estruturais e não estruturais" (MARTINS, 2012, p. 5).

Entende-se então que a gestão da drenagem urbana se dá por meio de medidas ou ações que são divididas em: estruturais e não estruturais (Tabela 1). As medidas estruturais (ou diretas) são as obras de engenharia e construções, enquanto as medidas não estruturais são as ações de controle, monitoramento e fiscalização das fontes, técnicas compensatórias e as medidas instituições e legislativas dos órgãos competentes.

Tabela 1 – Medidas para gestão de drenagem urbana.

MEDIDAS ESTRUTURAIS	MEDIDAS NÃO ESTRUTURAIS
Ampliação, modificação, retificação, revestimento, canalização dos cursos d'água naturais ou execução de galerias	Reserva de área para lazer e atividades compatíveis para os espaços abertos, margens e entorno de lagos e rios
Armazenamento ou desvio das águas a montante da região sujeita a inundações	Controle do uso do solo fora da área de inundação
Diques, muros e floodwalls	Securitização da área de risco de inundação
Alterações em pontes e travessias	Estruturas a prova de inundação e restrições de aproveitamento
Bacias de retenção, detenção e amortecimento	Sistema de Previsão, antecipação e alerta
Bacias de sedimentação, retenção de detritos e lixo	Tratamento das populações em encostas e áreas baixas
Wetlands e áreas de depuração in situ	Programa de manutenção e inspeção do sistema de drenagem
Parques lineares	Programa de ação emergencial
Repermeabilização e permebilização artificial do solo	Manual de Drenagem e de gestão da drenagem
Relocação e demolição de estruturas	Educação Ambiental
Detenção em lotes, quadras, empreendimentos, jardins de chuva, telhado verde	Institucionalização da drenagem urbana como serviço do estado

Fonte: MARTINS, 2012.

A fase do procedimento corresponde a operação e manutenção das medidas estruturais. O preparo é a fase final da gestão, onde é apresentada uma ou mais soluções ao problema, ou seja, ele apresenta a resposta as emergências relacionadas à rede de drenagem. Essa fase é muito importante, porque nela são apresentadas as estratégias de ações preventivas para antecipar possíveis impactos.

Considerando os impactos da urbanização do uso e ocupação do solo e dos recursos hídricos, é preciso antes de qualquer ação ou medida, entender a escala em que esses impactos se manifestam e quais as implicações dessas alterações na dinâmica natural da paisagem. A partir dessa premissa, é que a maioria dos estudos sobre esse tema tem utilizado como recorte espacial a bacia hidrográfica, como unidade básica de planejamento. Nesse sentido, tem se consolidado os Comitês de Bacias Hidrográficas por todo o Brasil, que entre suas competências, estão: aprovar o Plano de Recursos Hídricos da Bacia; arbitrar conflitos pelo uso da água, em primeira instância administrativa; estabelecer mecanismos e sugerir os valores da cobrança pelo uso da água; entre outros (ANA, 2015).

Ainda que hajam dificuldades quanto a implantação de uma gestão eficiente e sustentável da drenagem urbana, deve-se ater sempre para que o planejamento ambiental das atividades urbanas relacionadas a água estejam alinhadas ou relacionadas de forma integrada ao próprio planejamento urbano, na busca de uma planejamento físico-territorial-ambiental que esteja de acordo com as particularidades do meio ambiente, seja para suas fragilidades como para suas potencialidades. No que se refere a parte metodológica ou as técnicas utilizadas na construção da base de dados espaciais para análise, modelagem e construção dos diagnósticos e prognósticos ambientais, destaca-se as contribuições das Geotecnologias, que será discutida no tópico a seguir.

Contribuições das Geotecnologias

Geotecnologias, Geoprocessamento, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global e Sistemas de Informação Geográfica são algumas das palavras que se tornaram comuns nas últimas décadas dentro dos estudos ambientais. Os avanços tecnológicos alcançados entre o final do século XX e início do século XXI refletiram em diversas área do conhecimento científico, e a Geografia tem usufruído em seus estudos dessas novas ferramentas tecnológicas.

Os Sistemas de Informação Geográfica (SIG)[20] correspondem a todo e quaisquer sistemas de banco de dados digitais que estejam vinculados a um sistema de referência espacial. O Geoprocessamento ou as Geotecnologias, por sua vez, é conceituado como um "conjunto de tecnologias para coleta, processamento, análise e oferta de informações com referência geográfica" (ROSA, 2005, p. 81), que através de *hardware*, *software* e *peopleware* constituem atualmente ferramentas importantíssimas dentro dos estudos ambientais e também em pesquisas de recursos humanos. Nesse sentido, entende-se que as Geotecnologias se refere a um conceito mais amplo, que envolve tanto: SIG, Sensoriamento Remoto, Sistema de Posicionamento Global, Cartografia Digital, Topografia, entre outras ferramentas que se utilizam de dados georreferenciados.

20 Geographic Information System (GIS)

No tocante ao tema discutido neste artigo, trataremos sobre as contribuições da geotecnologia para os estudos ambientais, com ênfase aos recursos hídricos. Apresentando algumas técnicas que atualmente tem sido bastante úteis para o monitoramento, análise e modelagem ambiental, partindo de produtos relacionados ao relevo e a rede hidrográfica.

Para introduzir essa discussão, trataremos da missão *Shuttle Radar Topography Mission (SRTM)*, realizada em fevereiro de 2000 pela agência espacial norte-americana,[21] em conjunto com a *National Geospatial-Intellingence Agency* (NGA), com o Departamento de Defesa dos Estados Unidos (DoD) e com as agências espaciais alemãs *Deustches Zentrum für Luft und Raumfahrt* (*DLG*) e italiana *Agenzia Spaziale Italiana* (*ASI*). Nesta data foi lançado o radar SRTM, que tinha como objetivo inicial obter informações altimétricas da superfície terrestre. As imagens do SRTM tinham trinta metros de resolução espacial para o SRTM 1 e noventa metros para o SRTM 3 (GROHMANN et al., 2008; MEDEIROS et al., 2009).

Os dados originados do radar SRTM revolucionaram os estudos relacionados a Ciência da Terra, diante a rapidez e acurácia dos produtos gerados a partir do SRTM, baseados principalmente no modelo digital de elevação. No Brasil, atualmente, os dados do SRTM são disponibilizados gratuitamente para serem baixados nas páginas virtuais da EMBRAPA RELEVO[22] e, de igual modo, nas do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com o projeto Topodata[23] com resolução espacial de 90 m e 30 m, respectivamente.

A partir das imagens SRTM são produzidos uma diversidade de produtos sobre o relevo, como o modelo digital de elevação, hipsometria, declividade, padrão de formas do relevo, curvatura das vertentes, delimitação de bacias hidrográficas, extração da drenagem, etc. Esses procedimentos são gerados em ambiente SIG através de *softwares* de geoprocessamento. A maioria desses programas de computador onde são manuseadas as imagens SRTM são utilizados por meio de licença privada, mas atualmente observam-se esforços em disponibilizar, gratuitamente, *softwares* livres, como o Quantum GIS, o (GDAL *Geospatial Data Abstraction Library*/OGR (*Simple Feature Library*), Sistema de Processamento de Informações Geográficas (SPRING), entre outros, que vem ganhando espaço entre os usuários de SIG.

Como salientado ao longo do artigo, observa-se que a geomorfologia aplicada a partir do uso de SIG e produtos do geoprocessamento, têm muito a contribuir nos estudos ambientais, mas principalmente para o planejamento físico-territorial ambiental. No tocante a questão da água no meio urbano, trataremos através de um estudo de caso sobre como produtos SRTM contribuem na análise das condições da drenagem do Município de Goiânia (GO).

21 National Aeronautics and Space Administration (NASA)

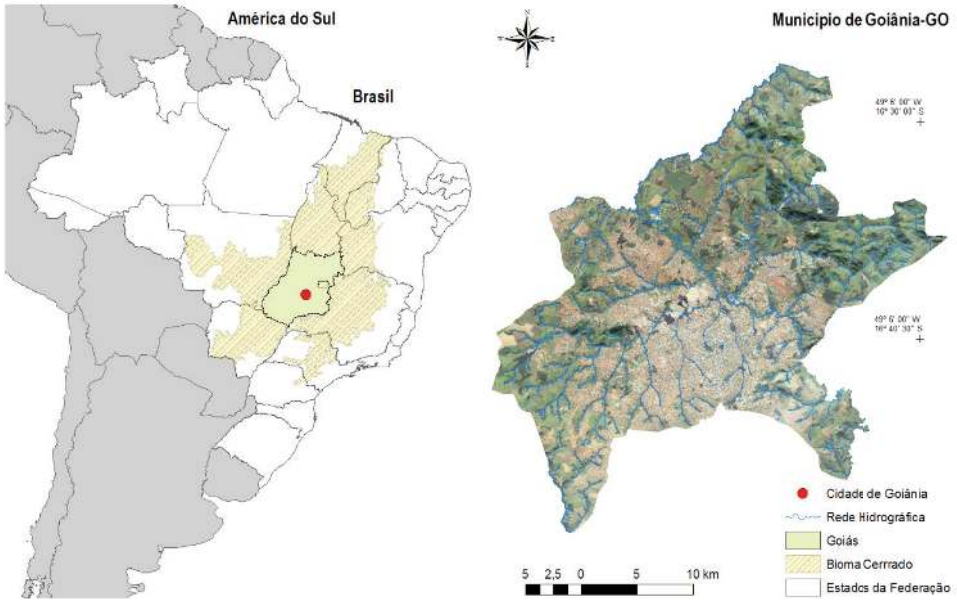
22 Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/>

23 Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/topodata/index.php>

O CASO DO MUNICÍPIO DE GOIÂNIA (GO)

O artigo tem como recorte espacial o município de Goiânia, capital do Estado de Goiás (Figura 1). Segundo o IBGE (2014), Goiânia conta com uma população de 1.412.364 habitantes, resultado de um intenso processo de urbanização vivido nas últimas décadas. Em termos de recursos hídricos, a nível nacional Goiânia está inserida na Região Hidrográfica do Rio Paraná, fazendo parte da bacia hidrográfica do Rio Meia Ponte, localizada no seu baixo curso. Esta bacia abrange 3,56% da área do Estado, com área de12.180km².

Figura 1 – Localização do município de Goiânia, Goiás.



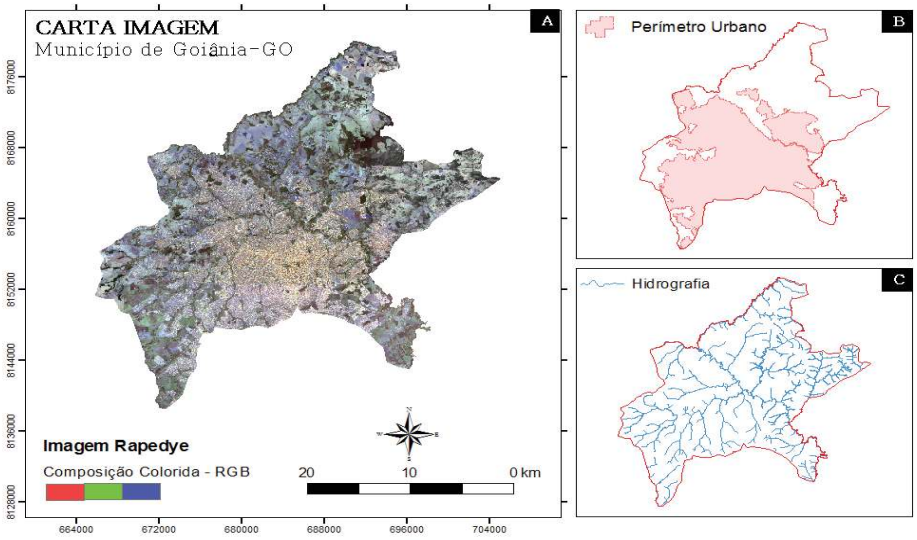
Fonte: BRASIL, 2015 .

O rio Meia Ponte nasce no município de Itauçú (GO) e deságua no rio Paranaíba no município de Cachoeira Dourada (GO). Na sua margem esquerda recebe o ribeirão João Leite e o rio Caldas, e na margem direita tem como seu principal afluente o rio Dourados. Essa bacia é responsável por 70% do abastecimento do município de Goiânia, e concentra na sua área de influência 47,5% da população do Estado. Apesar da sua importância, a bacia está bastante degradada em consequência do intenso processo de urbanização ocorrido na região, desde a transferência da capital do Estado para Goiânia (1935) e com a criação de Brasília (DF) (1950).

A alteração do uso do solo provocou o surgimento de eventos críticos relacionados a chuva nos últimos vinte anos em Goiânia, o que provocou transtorno para os moradores dos bairros afetados, como: Balneário Meia Ponte, Sul, Marista, Jardim América, Vila Roriz, Urias Magalhães, Jaó, Vila Monticeli, Vila Santa Helena, região do Parque Vaca Brava e Avenida T – 9 (MONTES; LEITE , 2009). A ausência de planejamento e gestão da drenagem urbana, associada ao uso indiscriminado do solo, podem aumentar os impactos nos recursos hídricos desse município, mas principalmente para os próprios cidadãos. A partir desse viés, é que os impactos ambientais tornam-se também impactos sociais.

Na figura 2 são apresentadas três informações quanto ao município de Goiânia: carta-imagem, perímetro urbano e rede hidrográfica. A carta-imagem permite um primeiro panorama de ocupação do município. Dos 801km², o perímetro urbano de Goiânia representa 54,7% (389 km²) da área do total do município. Parte considerável dessa ocupação se dá no setor sudoeste, na margem direita do rio Meia Ponte.

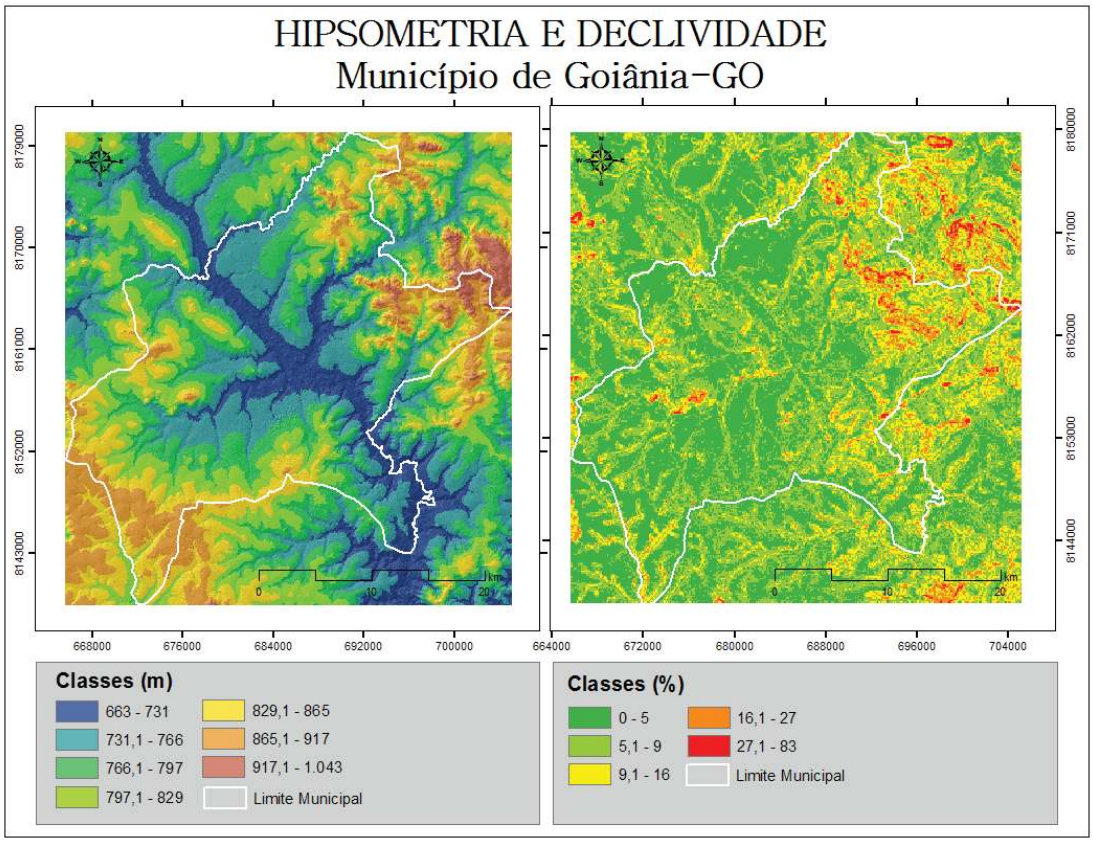
Figura 2 – Carta-imagem do município de Goiânia (A), perímetro urbano (B) e hidrografia (C).



Fonte: BRASIL,2015.

A atual ocupação do município é em parte explicada ao analisar alguns dos aspectos físicos do relevo, como apresentado na figura 3, a seguir. O gradiente altimétrico de Goiânia é de 380 metros, variando de 663-766 metros nos setores mais rebaixados, que representam principalmente as áreas de *fundos de vale*, e de *terraços e planícies do rio Meia Ponte* (CASSETI, 1992). Se retornarmos a carta-imagem, percebe-se que o centro da ocupação urbana encontra-se nessas áreas onde predominam baixas altitudes e declividades mais suaves, entre 0 – 9%. Alguns dos principais problemas relacionados aos recursos hídricos nesse setor, diz respeito a impactos de inundação, assoreamento dos cursos d'água e lançamento de esgoto *in natura* nos rios (NASCIMENTO e PODESTÁ FILHO, 1993).

Figura 3 – Mapas hipsométrico e de declividade do município de Goiânia, Goiás.



Fonte: BRASIL, 2015.

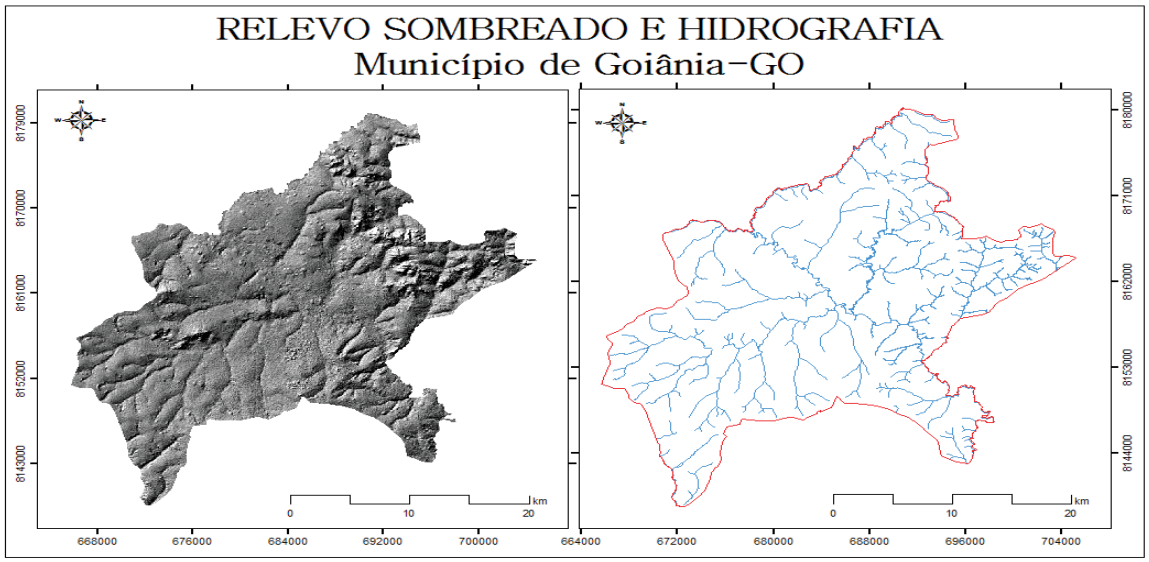
Na porção nordeste do município são observados maiores valores de declividade e altitude, e por isso é nessa área onde estão concentradas maior parte das nascentes ou canais de primeira ordem. A forte angularidade do sistema hidrográfico tem influência direta do material parental, formado por quartzitos, que sob efeito da tectônica quebrante deu origem a vales encaixados (CASSETI, 1992). O alto gradiente altimétrico e clinográfico potencializa processos de dissecação (ou erosão) do relevo, gerando impactos como aceleração do escoamento superficial, em função do declive e da retirada da vegetação natural, que podem dar origem a feições erosivas do tipo sulcos, ravinas e voçorocas.

Como apresentado até aqui, a relação entre relevo e hidrografia são intrínsecas. Essa relação pode ser observada também no setor sudoeste do município, onde o relevo é representado pela unidade geomorfológica do *Planalto Embutido de Goiânia*. A altitude é um pouco maior que as áreas de fundo de vale e terraço, mas ainda assim apresentam características de aplainamento, e por isso tem menos energia, se comparado com as áreas dissecadas do setor nordeste. As áreas aplainadas refletem num sistema fluvial de baixa capacidade de transporte, com predominância de escoamento laminar e grande possibilidade de processo de assoreamento da drenagem.

O mapa de relevo sombreado (Figura 4), em conjunto com os mapas supracitados, auxilia no entendimento quanto ao modelado da superfície e o padrão de drenagem. A área com relevo mais dissecado é identificada na porção nordeste do município, onde encontram-se também várias áreas nascentes. Esse setor é menos influenciado pela urbanização, se comparada a porção sudoeste do município. Como mostra na figura abaixo (e a carta-imagem da figura 2), as áreas mais aplainadas é hoje onde existe maior ocupação urbana e por isso maior degradação dos canais fluviais.

A rede hidrográfica ainda na figura 4, abaixo, associada às características do relevo, por meio de produtos SRTM, ajudam a entender a atual dinâmica de ocupação do município de Goiânia, e indicam áreas mais ou menos impactadas quanto as condições da drenagem urbana. Outros trabalhos já foram desenvolvidos por autores regionais que alertavam quanto aos impactos ambientais no município, como: Geomorfologia do Município de Goiânia (CASSETI, 1992), Carta de Risco de Goiânia (NASCIMENTO e PODESTÁ FILHO, 1993), Revisão e Detalhamento da Carta de Risco do Município de Goiânia (GOIÂNIA, 2008). Em todas essas pesquisas, o viés geomorfológico é uma das principais varáveis que influenciam a ocupação da terra e dos recursos hídricos, por isso a compreensão da dinâmica do relevo é fundamental para o planejamento ambiental.

Figura 4 – Mapas do relevo sombreado e da hidrografia do município de Goiânia, Goiás.



Fonte: BRASIL, 2015.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aparato tecnológico fornece hoje produtos extremamente úteis dentro do processo de planejamento e tomada de decisão. Imagens do radar SRTM, em função da sua disponibilidade de acesso, podem ser ferramentas importantes dentro da construção de cenários atuais e futuros através da análise geossistêmica do relevo. Fornecendo informações relevantes para o planejamento ambiental.

No contexto das cidades brasileiras, os impactos na rede de drenagem têm sido cada vez mais frequentes, seja por questões naturais e/ou antrópicas. O grande problema é conciliar o crescimento econômico e o desenvolvimento social com a conservação das reservas naturais, em especial os recursos hídricos.

No caso do município de Goiânia (GO), os mapas de declividade, hipsometria, sombreamento, rede hidrográfica e a carta-imagem utilizados no artigo, permitiram uma análise integrada de variáveis distintas do relevo que juntas explicaram, em parte, a atual ocupação e uso do solo, assim como, indicaram ambientes com maior ou menor fragilidade naturais.

Ainda assim a ausência de projetos ou programas específicos quanto ao planejamento e gestão da drenagem urbana ainda é um entrave para a utilização sustentável da água no município estudado. Recentemente, foi enviada pela Prefeitura de Goiânia para a Câmara Municipal um Projeto de Lei de Drenagem Urbana. Na audiência, o presidente da Comissão de Direito Imobiliário e Urbanístico (CDIU) chamou atenção quanto a falta planejamento de drenagem urbana e a carência de meios de escoamento da água pluvial do município (CARVALHO, 2014). Todavia, o projeto ainda carece de revisões, principalmente quando a eficácia das caixas de infiltração, e provavelmente estará sujeito a novas emendas.

O importante é salientar que os estudos geomorfológicos podem contribuir positivamente par ao planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. Ressaltando que a tomada de decisão deve levar em consideração os relatórios técnicos referentes as condições do meio físico, mas também devem atender às necessidades da população, conciliando os interesses múltiplos e buscando um uso sustentável da água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). Comitês de Bacias Hidrográficas (CBH). Disponível em: <http://www.cbh.gov.br/GestaoComites .aspx>. Acesso em: 1. ago. 2015.

BRASIL. Política Nacional de Recursos Hídricos. Lei n.° 9.433, de 08 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 Federal, e altera o art. 1.° da Lei n.° 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei n.° 7.990, de 28 de dezembro de 1989.

CASSETI, V. Geomorfologia do Município de Goiânia (GO). **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, p. 65-85, 1992.

_____. Geomorfologia, 2005. Disponível em: <http://www.funape.org.br/geomorfologia> Acesso em: 2 ago. 2015.

GROHMANN, C. H.; RICCOMINI, C.; STEINER, S. S. Aplicação de modelos de elevação SRTM em geomorfologia. **Revista de Geografia Acadêmica,** v. 2 n.° 2, pp. 73-83, 2008.

GUERRA, A. J. T. **A contribuição da geomorfologia no estudo de Recursos Hídricos**. Bahia Análise e Dados. Salvador, 2003. Disponível em: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd17/cogeomorf.pdf>. Acesso em: 1. ago. 2015.

MARTINS, J. R. S. **Gestão da drenagem urbana: só tecnologia será suficiente?**, 2012. 11 p. Disponível em: < http://www.daee.sp.gov.br/outorgatreinamento/Obras_Hidr%C3%A1ulic/gestaodrenagem.pdf >. Acesso em: 2 ago. 2015.

MEDEIROS, L. C. FERREIRA, N. C. FERREIRA, L. G. Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas. **Revista Brasileira de Cartografia** n.° 61/02, 2009. pp. 138-151

MONTES, R. M; LEITE, J. F. A drenagem urbana de águas pluviais e seus impactos cenário atual da Bacia do Córrego Vaca – Brava Goiânia (GO), 2009. Disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/A%20DRENAGEM%20URBANA%20DE%20%C3%81GUAS%20PLUVIAIS%20E%20SEUS%20IMPACTOS%20CEN%C3%81RIO%20ATUAL%20VACA%20BRAVA.pdf> Acesso em: 05 ago. 2015.

NASCIMENTO, M. A. S; PODESTÁ FILHO, A. Carta de risco de Goiânia. **Boletim Goiano de Geografia**, Goiânia, pp. 95-105, 1993.

MUNOZ, H. R. (Org.). **Interfaces da Gestão de Recursos Hídricos:** desafios da lei das águas de 1997. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2000.

POMPÊO, C. A. **Drenagem urbana sustentável,** v. 5, n.° 1, pp. 15-23, jan.-mar. 2000.

GOIÂNIA. Revisão e Detalhamento da Carta de Risco do Município de Goiânia. mar. 2008. v. 1. Disponível em: <http://www.goiania.go.gov.br/download/aprovnet/Carta_Risco/Relatorio_Carta_Risco_IA.pdf>. Acesso em: 10 ago. 2015.

ROSA, R. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia,** pp. 81-90, v. 16, 2005.

ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia (USP)**, São Paulo, n.° 08, 1994, pp. 63-74.

_____. Ecogeografia do Brasil, subsídios para o planejamento ambiental. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 208 p.

SAADI, A. A geomorfologia como ciência de apoio ao planejamento em Minas Gerais. **Geonomos**, v. 5, n.° 2, dez. 1997. pp. 1-4.

Recebido para publicação em 16 de Fevereiro de 2017.
Aceito para publicação em 27 de Março de 2017.