



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

**USO DE RPAS COMO FERRAMENTA AUXILIAR EM DIAGNÓSTICOS
AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO – DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE
DRENAGEM.**

Tilak Oliveira Muller

MONOGRAFIA

BRASÍLIA
2019



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GEOPROCESSAMENTO AMBIENTAL

Tilak Oliveira Muller

**USO DE RPAS COMO FERRAMENTA AUXILIAR EM DIAGNÓSTICOS
AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO – DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE
DRENAGEM.**

**Monografia de especialização em
Geoprocessamento Ambiental apresentada a
banca examinadora do Instituto de
Geociências como exigência para a obtenção
do título de especialista em Geoprocessamento**

Aprovada em ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Rejane Ennes Cicerelli (orientador)

Prof. Dr. Edson Eyji Sano

Prof. Dr. Jeremy Garnier

Ou Oliveira Muller, Tilak
USO DE RPAS COMO FERRAMENTA AUXILIAR EM DIAGNÓSTICOS
AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO - DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE
DRENAGEM. / Tilak Oliveira Muller; orientador Rejane Ennes
Cicerelli. -- Brasília, 2019.
16 p.

Monografia (Especialização - Geoprocessamento Ambiental)
- Universidade de Brasília, 2019.

1. Geoprocessamento. 2. Hidrologia. 3. Diagnóstico
Ambiental. I. Ennes Cicerelli, Rejane, orient. II. Título.

Uso de RPAs como Ferramenta Auxiliar em Diagnósticos Ambientais: estudo de caso – detecção automática de drenagem.

Tilak Oliveira Muller¹, Rejane Ennes Cicerelli¹

¹Geoscience Institute, University of Brasilia. Brasília, Brazil.

RESUMO

O meio ambiente é a origem dos recursos naturais, fundamental para sobrevivência da sociedade e desenvolvimento socioeconômico. A exploração desses recursos de forma inconsequente pode trazer impactos negativos para o meio em que vivemos. O licenciamento ambiental de atividades visa minimizar esses impactos através de estudos e diagnósticos ambientais. O geoprocessamento como ferramenta de análise espacial, tem grande potencial de auxiliar nesses estudos, ainda mais com o surgimento constante de novas tecnologias como por exemplo, os *remote piloted aircrafts* (RPA). Possuindo como área de estudo o centro histórico da cidade de Pirenópolis-GO, foram obtidas imagens de um terreno alvo de um empreendimento em grande porte, Ecoresort Quinta Santa Bárbara, através do uso de RPAs. Tal pratica apresenta-se como viável a fim de obter imagens voltadas ao licenciamento ambiental devido a sua praticidade e viabilidade de uso em objetos de alta escala. Foram utilizados métodos de detecção automática de drenagem, utilizando softwares de sistema de informação geográfica (SIG). Foi observado alto nível de detalhamento nos produtos, permitindo indentificação e análise da hidrografia e áreas de preservação permanente (APP). Com o hidrografia gerada automaticamente foi possível identificar ainda, drenagens de regimes intermitentes ou efêmeros.

Palavras-chave: diagnóstico ambiental; geoprocessamento; hidrografia.

ABSTRACT

The environment is our source of natural resources, necessary for the survival of society and socioeconomic development. Resources exploitation lacking environmental awareness can result in negative impacts to the environment and to human beings. The environmental licensing of projects aims to minimize impacts through environmental assessment or evaluation. Geoprocessing can greatly aid these environmental assessments as a spatial analysis tool, since new technologies keep on being developed. As example, remotely piloted aircrafts (drones) are been applied on different fields, such as the environment. With aerial

images from drones of the study area, which is located in the historical center of Pirenópolis-GO, it was possible to evaluate its use in high scale objects of study, such as a development project named “Eco-resort Quinta Santa Bárbara”. This technique along geographic information system (GIS) software proved itself as viable due its practicality and feasibility in determining stream flow automatically and visually. The objective is to demonstrate its effectiveness to identify and analyze hydrography and its protected area. With the hydrography generated automatically, it was also capable to identify drains of intermittent or ephemeral regimes.

Keywords: environmental assessment; geoprocessing; hydrography.

INTRODUÇÃO

O meio ambiente natural é a origem dos recursos essenciais à sobrevivência da sociedade e dos recursos requeridos pelo desenvolvimento socioeconômico (SÁNCHEZ, 2013). Historicamente, o homem sempre teve uma perspectiva em quais as forças da natureza devem ser dominadas e controladas e que suas potencialidades precisam ser exploradas com intuito de atender às próprias necessidades. A utilização e exploração dos recursos naturais ocorrem na transformação dos mesmos e acarreta na geração de produtos ou energias, os quais nem sempre são úteis. Dessa forma, toda transformação de matéria ou energia pode trazer alguma poluição para o meio em que vivemos (CALIJURI e CUNHA, 2013). O homem, antes de utilizar estes recursos, tem o dever de entender esses fenômenos e saber como que os recursos ambientais se regeneram (MOTA, 2010).

Dessa forma, a utilização dos recursos naturais de forma exploratória e inconsequente, ocasiona em impactos ambientais. Impacto ambiental segundo SANCHEZ (2013) é definido como a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana.

Nesse contexto, o licenciamento ambiental nasce como procedimento legal no qual o poder público, representado por órgãos ambientais, autoriza e acompanha a implantação e a operação de atividades que causam impacto ambiental (ALMEIDA *et al.*, 2015). Assim, para minimizar esses impactos negativos no meio ambiente, é de extrema importância a realização do diagnóstico ambiental, o qual tem como objetivo avaliar as consequências das atividades no ambiente como medida de prevenção (COSTA e MARTINS, 2014).

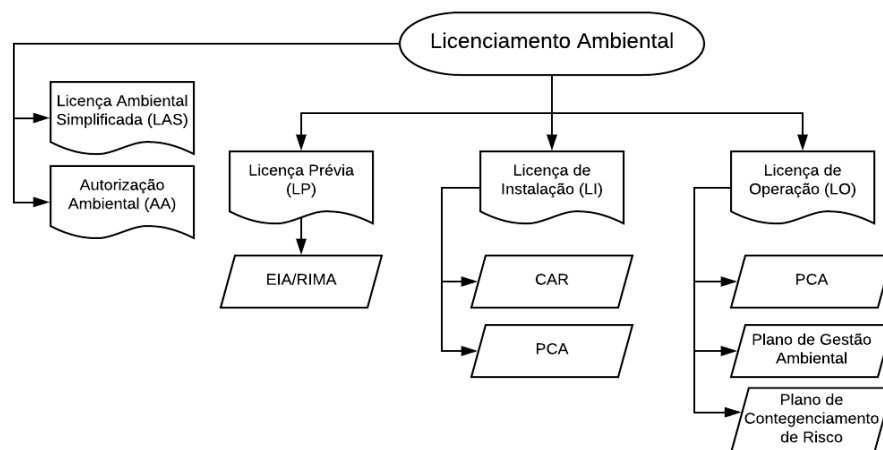
O diagnóstico ambiental é definido como condição básica de um estudo de impacto ambiental segundo o Art. 6º da resolução 001, de 23 de janeiro de 1986, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Estudo de Impacto Ambiental e respectivo Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA) são previstos pelo CONAMA como obrigatórios no licenciamento ambiental de atividades com potencial degradador.

Neste trabalho, o foco está no diagnóstico ambiental do meio físico, especificamente no que está relacionado à hidrologia como Área de Preservação Permanente (APP) e como o geoprocessamento pode auxiliar no processo. O Diagnóstico do meio físico é definido pelo Art. 6º da resolução CONAMA 001/1986:

I - Diagnóstico ambiental da área de influência do projeto, completa descrição e análise dos recursos ambientais e suas interações, tal como existem, de modo a caracterizar a situação ambiental da área, antes da implantação do projeto, considerando: a) o meio físico - o subsolo, as águas, o ar e o clima, destacando os recursos minerais, a topografia, os tipos e aptidões do solo, os corpos d'água, o regime hidrológico, as correntes marinhas, as correntes atmosféricas (CONAMA 1986).

A importância do geoprocessamento cresce cada vez mais nos processos de licenciamento ambiental, já que essa tecnologia auxilia levantamentos espaciais, entregando informações preciosas e poder ilustrativo de diversos aspectos do meio físico, na escala de interesse, podendo otimizar tempo e custos operacionais (BOTTEON, 2016). A figura 1 ilustra onde o geoprocessamento pode ser aplicado no processo de licenciamento ambiental.

Figura 1 – Fluxograma de aplicação do geoprocessamento no licenciamento ambiental.



Fonte: Criado pelo Autor.

Nesse contexto, surge as Aeronaves Remotamente Pilotadas (RPA) ou simplesmente Drones que vem sendo utilizadas de forma abrangente e se destacando em diversas áreas de atuação, como por exemplo, na área ambiental (ZHANG *et al.*, 2016). Para GONÇALVEZ *et al.*

(2018), o uso de RPAs como ferramenta traz bons resultados quando comparada a dados derivados de sensoriamento remoto, e acrescenta ainda, que esta ferramenta deve servir como utensílio indispensável futuramente para levantamento de dados em área de grande escala como microbacias.

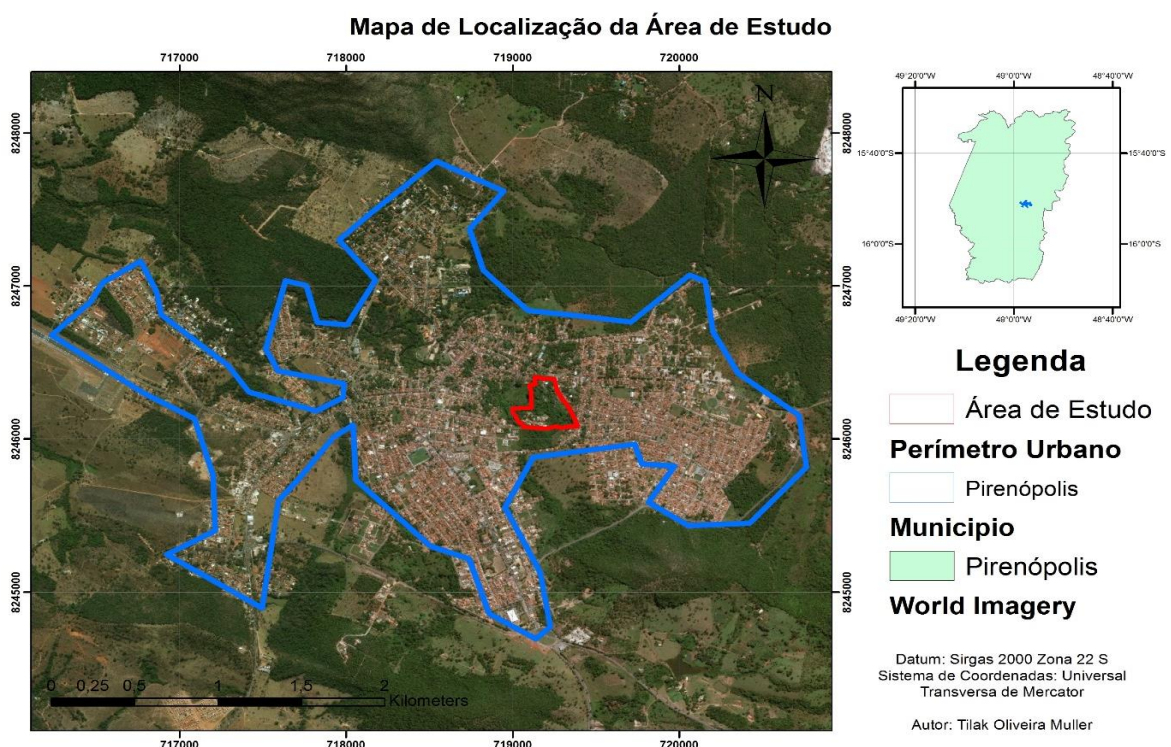
O presente estudo tem como objetivo analisar como o geoprocessamento, através da utilização de imagens de RPAs para geração de hidrografias e APPs, pode auxiliar no diagnóstico ambiental do meio físico em processos de licenciamento ambiental de empreendimentos.

METODOLOGIA

Área de Estudo

A área em estudo está localizada no centro histórico da cidade de Pirenópolis, no estado de Goiás. Pirenópolis se encontra a 15°51' de latitude sul e 48°57' a oeste de Greenwich, a uma distância aproximada de 120 km de Goiânia e 150 de Brasília. A localização pode ser visualizada conforme a figura 2.

Figura 2 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Imagens Satélite – ESRI World Imagery; Shapefile município e perímetro urbano de Pirenópolis – SIEG (Sistema de Informações Espaciais de Goiás).

Pirenópolis é uma cidade com um dos mais ricos acervos patrimoniais do Brasil Central, sendo tombada pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) em 1988. A cidade é caracterizada pelos primeiros traços ocupacionais de Goiás decorrente da busca

por ouro na região. Atualmente, Pirenópolis é uma cidade turística que atrai pessoas de todo o Brasil, por agregar cultura, natureza e gastronomia.

O município de Pirenópolis está inserido no bioma do Cerrado, podendo apresentar representações do cerrado rupestre, cerrado ralo e cerrado típico, com ocorrência de características campestres, savânicas, mata de galeria e florestais. O clima em Pirenópolis é tropical semiúmido (AW, na classificação de Köppen) e separado por duas estações bem distintas: uma seca, de abril a setembro, e uma úmida, de outubro a março. Além disso, a influência do relevo resulta em microclimas nas partes altas das serras, nas encostas e nos vales encaixados (THOMÉ FILHO, MORAES e PAULA, 2012).

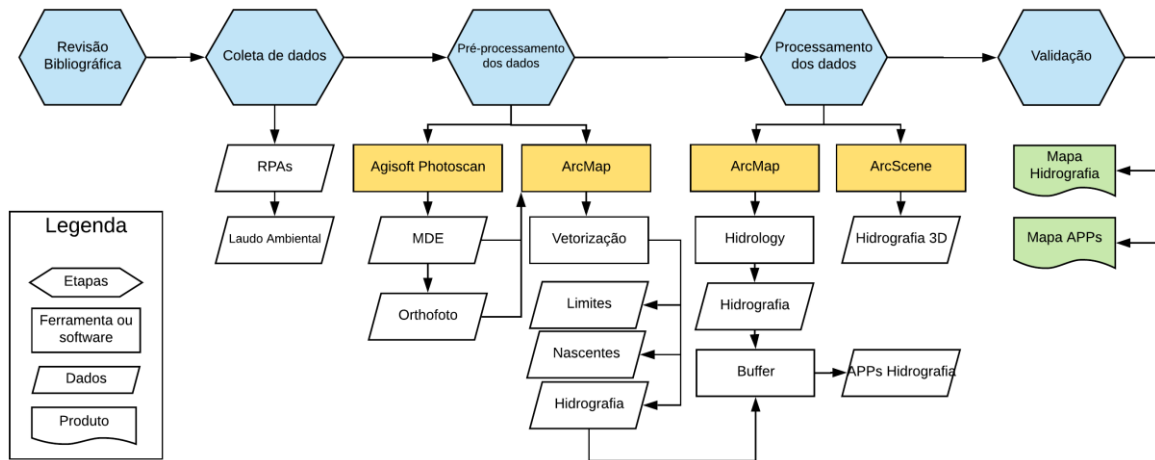
Pirenópolis é banhada pelo rio das Almas cuja nascente se encontra no parque dos Pireneus. A sede municipal se situa numa região privilegiada em relação aos recursos hídricos, mesmo tendo um período longo de seca. Esse fato se deve pelas características hidrológicas dos quartzitos, que armazenam água durante a chuva e descarregam lentamente durante a seca.

A área se situa dentro do núcleo urbano, entretanto, possui características do meio físico de extrema relevância ambiental. Neste terreno está sendo construído um Eco resort que traz um novo conceito de hospedagem pra cidade, conhecido como “Time-Sharing”. Esse modelo consiste na multipropriedade de apartamentos e fracionamento de tempo de uso dos imóveis. A população local tem se mostrado contra esse tipo de conceito em Pirenópolis, pois preocupa o possível aumento de fluxo na cidade e diminuição de frequentadores de pousadas. Outro fato é que o local do empreendimento é situado no centro histórico de Pirenópolis e numa área de fragilidade ambiental com presença de nascentes.

Procedimento Metodológico

A metodologia empregada pode ser visualizada na figura 3, onde é ilustrado em fluxograma as etapas e procedimentos adotados no trabalho. Para fins de organização, a metodologia segue as etapas do fluxograma.

Figura 3 – Fluxograma das etapas e procedimentos metodológicos.



Fonte: Criado pelo autor.

Coleta de dados

As principais informações foram adquiridas na Prefeitura Municipal de Pirenópolis. A Secretaria Municipal de Meio Ambiente da cidade é responsável pelo processo de licenciamento ambiental do Ecoresort Quinta Santa Bárbara. Portanto, são vários os dados que são úteis para esse trabalho. Foi possível obter o laudo ambiental realizado pelo empreendimento em resposta às vistorias ambientais da prefeitura, fotos de drone da área de interesse, assim como as coordenadas do limite do Ecoresort.

Pré-processamento dos dados

As fotos de drone foram processadas no software Agisoft PhotoScan Professional e deram origem a Orthofoto (mosaico das fotografias), a qual possibilitou a análise do terreno com grande precisão por conta da alta resolução espacial. Para isso, foi utilizado os computadores do Laboratório de Sensoriamento Remoto 2 do Instituto de Geociências na UnB, pois dotam da licença do software.

Ao inserir as imagens no PhotoScan, o primeiro passo foi realizar o alinhamento das fotos. Após o processamento, foi gerado uma nuvem esparsa de pontos aerotriangulados onde cada foto teve sua posição e orientação ajustada. A seguir, criou-se uma nuvem densa de pontos e nessa etapa foi possível verificar erros no alinhamento e aerotriangulação das fotos.

A próxima fase foi criar o Modelo Digital de Terreno (MDT), necessário por conta da existência de vegetação alta e de construções. Para isso, foi realizada uma classificação e filtragem na nuvem de pontos. O algoritmo deve então classificar somente os pontos em duas

classes, pontos de solo e pontos indefinidos. Não foi necessário corrigir manualmente os erros de classificação, pois não foi encontrado nenhuma falha claramente visível ou que resultasse em algum problema mais pra frente. Finalmente, foi criado o Modelo Digital de Terreno com os parâmetros classificados anteriormente (somente a classe ponto de solo) e projetado para o sistema de coordenadas SIRGAS 2000 / UTM zone 22S. Após criar o MDT, foi gerado o mosaico ortoretificado (ortofoto) e exportado como formato Tiff no mesmo sistema de coordenadas do MDT. A Imagem foi ortoretificada com os dados de código C/A do recetor acoplado no drone. O ideal teria sido apoio geodésico de campo, entretanto, não foi possível obter contato com os proprietários do terreno e consequente autorização pra adentrar o terreno.

Em seguida, com a ortofoto e o MDT gerados no Photoscan, foi vetorizado visualmente a hidrografia da área de estudo utilizando-se do software ArcMap. Foi feita também a vetorização manual do limite do empreendimento e das nascentes, através das informações contidas no laudo ambiental.

Processamento dos dados

No Software ArcMap, obteve-se a hidrografia da área em formato vetorial de forma automática. O procedimento consiste nas etapas seguintes: tampar as depressões, definir direção e acúmulo de fluxo, e então determinar as redes de drenagem.

Para isso, utilizou-se o MDT gerado na etapa anterior. Entretanto, o modelo apresenta falhas em pixels onde a declividade é alta, caracterizado por depressões que podem atrapalhar no processamento de obtenção da drenagem das etapas seguintes. Essas depressões são frutos de erro de interpolação na geração do MDT. O primeiro passo foi então remover essas falhas e criar um modelo mais consistente.

Em seguida, o objetivo foi determinar a direção do fluxo da água. O método utilizado se baseia no algoritmo D8 (Fluxo em oito direções de escoamento), que busca o caminho mais íngreme nas oito células circunvizinhas e aloca o fluxo naquela direção. As oito direções possíveis são expressas em valores entre 1 e 128 (STEINER, MARZOLFF e D'OLEIRE-OLTMANN, 2015).

Uma vez definido a direção do escoamento, é necessário determinar onde o fluxo será acumulado. Este método, segundo BOSQUILIA *et al.* (2015), compara cada pixel com seus oito vizinhos e através da direção de fluxo, identifica o número de células que escoam para a

célula à jusante, acumulando os dados para cada pixel do raster, e assim definindo por onde haverá um maior acúmulo de água. Dessa forma, é possível determinar a rede de drenagem e sucessivamente delimitar a bacia hidrográfica se desejado.

Definido as drenagens, gerou-se em seguida buffers da hidrografia visual e automática a fim de representar as áreas de preservação permanente. Além disso, criou-se um Shapefile da área onde as APPs se intersectam que servirá como dado de validação dos produtos gerados.

Por fim, para uma melhor visualização do terreno e das drenagens, no software ArcScene, o MDT e a ortofoto foram processadas com o intuito de obter uma representação em 3D da área de estudo.

Validação

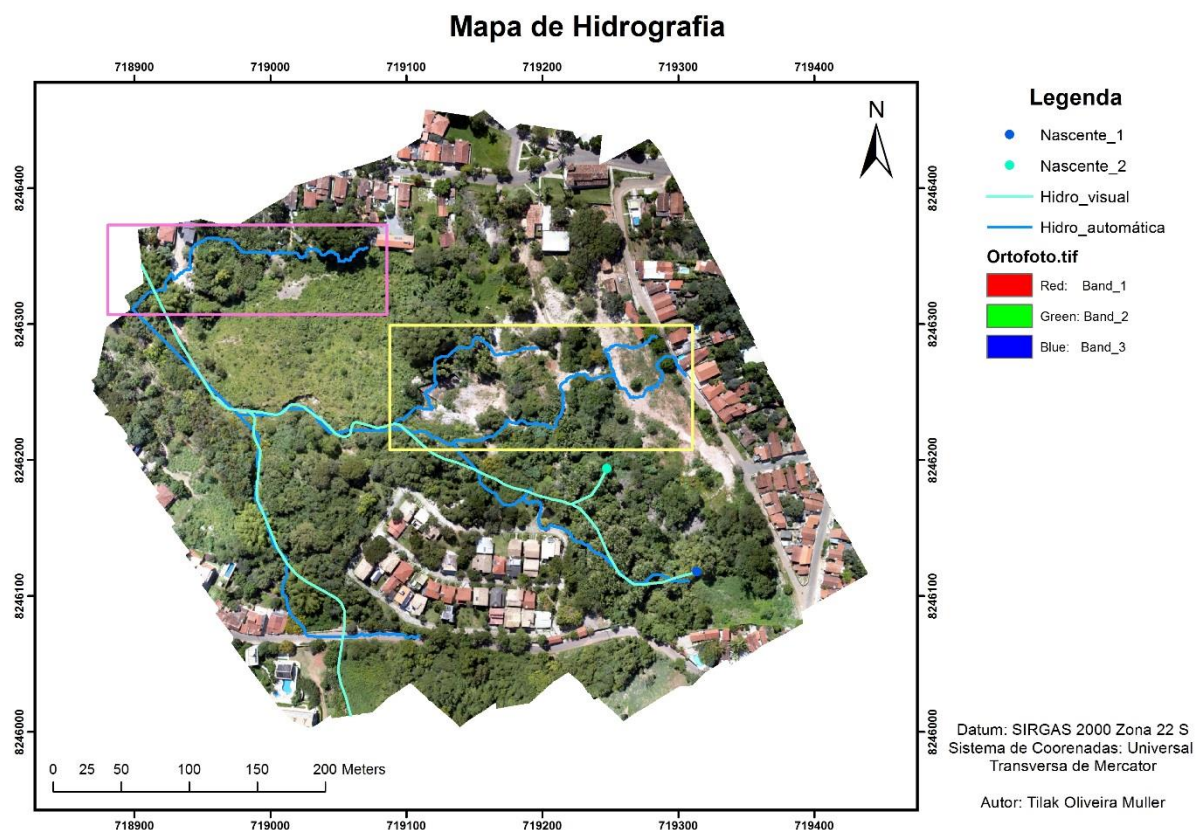
Na validação da hidrografia automática, foi feita uma comparação com a hidrografia vetorizada manualmente e junto com informações contidas no laudo ambiental, através da observação visual, determinou-se os trechos onde há presença de cursos d'água perenes e drenagem de águas pluviais.

A interseção entre as APP visual e automática foi gerada para determinar a área em comum entre as duas e servir como dado de validação das mesmas. Definiu-se em porcentagem a relação entre a interseção e as APP.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A ortofoto e MDT apresentam alto nível de detalhamento, permitindo a identificação visual dos elementos de interesse. Esse fato auxilia bastante na análise dos processos de escoamento superficial. Ao vetorizar a hidrografia visual observou-se que a ortofoto e modelo digital de terreno são suficientes pra identificar com precisão grande parte da hidrografia da área de estudo. Os casos onde não se pôde detectar claramente por onde passam os cursos d'água se deve principalmente à cobertura da vegetação. Nesses casos a identificação ocorreu observando as depressões no MDT e também analisando a densidade e tipo da vegetação.

Figura 4 – Mapa da hidrografia gerada visual e automaticamente de um trecho do córrego Pratinha em Pirenópolis.



Informações adicionais: Retângulo amarelo e rosa representam respectivamente drenagens pluviais e possível curso d'água (terceira nascente) de regime intermitente ou efêmero.

Fonte: Criado pelo autor.

Na hidrografia gerada automaticamente, houve-se a identificação de quase toda hidrografia determinada visualmente e também de trechos por onde a água da chuva tende a drenar, representados no retângulo amarelo na figura 4. Pode-se concluir observando a ortofoto que esses trechos não são cursos d'água e que são áreas onde acontecem processos de erosão laminar durante enxurradas, pois grande parte da água que escoia da Rua Santa Bárbara (rua à direita na ortofoto) acaba adentrando no terreno e segue até desaguar no córrego que corta a área do empreendimento. Observou-se também, que o método automático demarcou alguns trechos onde a drenagem obtida seguiu um caminho equivocado. Esses trechos são caracterizados por elementos artificiais, como ruas e construções, os quais interferem na correta identificação da hidrografia.

Segundo o laudo ambiental, a nascente 2 tem origem antrópica, pois brota numa voçoroca criada devido essa erosão da água da chuva. Existe o debate quanto à obrigatoriedade de

preservar essa nascente, já que seu surgimento não é dado por uma interferência humana direta como ocorre em minas, escavações em obras ou cisternas, etc. A resolução CONAMA 303/2002, define que a nascente é o local onde aflora naturalmente a água subterrânea. O termo “naturalmente” indica a ausência de ação do homem, baseado principalmente do fato de que as nascentes “não artificiais” ocorrem na natureza como resultado de processos físicos em uma escala de tempo geológica (QUEIROZ, 2015).

Outro trecho criado de forma automática, representado no retângulo rosa na figura 4 e que não foi avistado na vetorização manual, é uma drenagem que se deve provavelmente à presença de uma terceira nascente na área de estudo. Por se tratar de uma área com elevada interferência humana, seu escoamento original pode ter sido afetado e dificultado a identificação visual. Essa nascente não consta no Laudo Ambiental obtido na prefeitura, pois se encontra fora do terreno do empreendimento. Entretanto, é importante sua consideração pelo fato de uma possível APP adentrar os limites do Ecoresort e influenciar no licenciamento ambiental. Por outro lado, BOSQUILIA *et al.* (2015) diz que os métodos automáticos não consideram as diferenças entre as épocas chuvosas, identificando assim, nascentes de qualquer regime de escoamento, quando somente as perenes são protegidas pelo Código Florestal, Lei nº 12.651. Portanto, para se ter uma melhor identificação das drenagens pluviais ou cursos d’água de regimes intermitentes e efêmeros, a ferramenta automática é a mais adequada.

Figura 5 – Ortofoto e MDT representados em 3D.



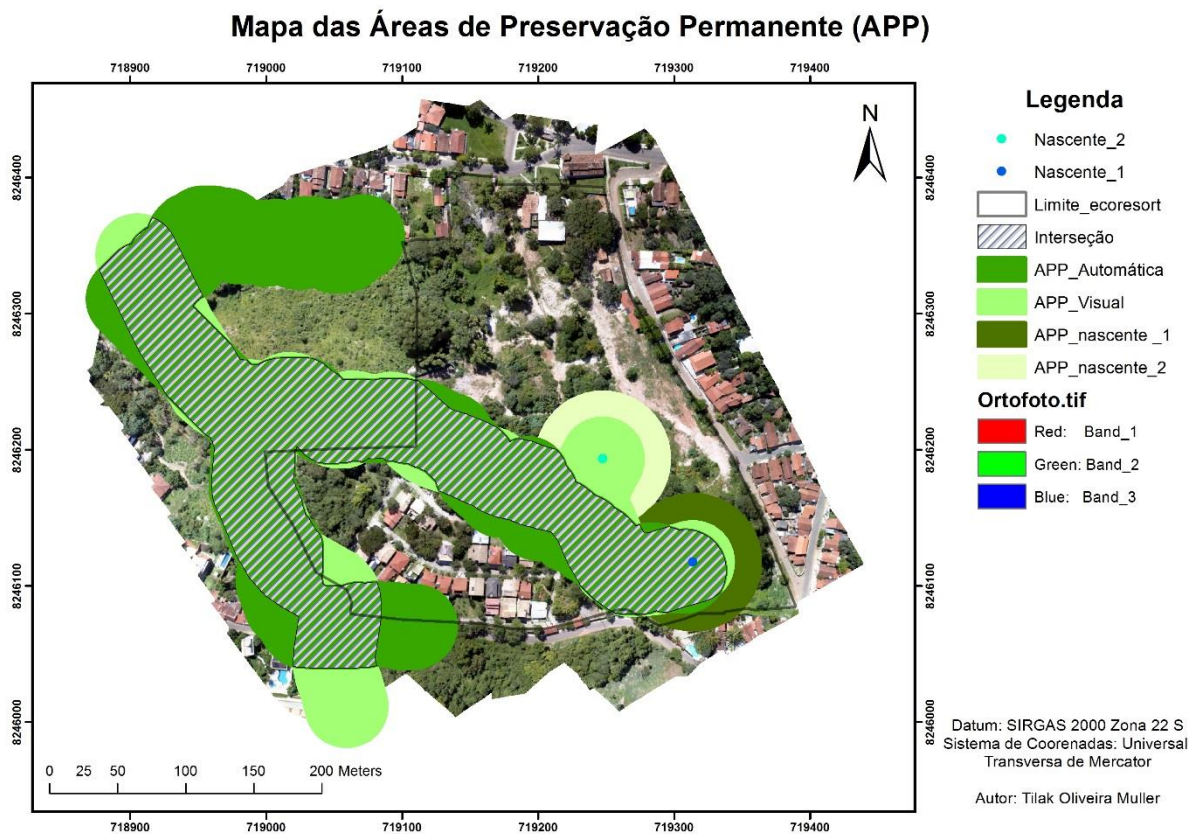
Fonte: Criado pelo autor.

O método automático analisa as depressões do MDT e destaca o caminho mais íngreme pelo qual a água escoar, como pode ser visto na figura 5. Dessa forma, essa ferramenta pode ser utilizada na fiscalização da hidrografia gerada visualmente apesar de ter diferenças em diversos trechos. A divergência pode ser devido ao fato de haver grandes transformações antrópicas no local, interferindo nos caminhos por onde a água escoaria naturalmente. Os autores STEINER, MARZOLFF e D'OLEIRE (2015), informam que a vegetação também tem grande influência na determinação das drenagens, resultando as vezes em linhas de

escoamento equivocadas. Isso ocorre pois o escoamento real é mais complexo e que pode ser influenciado por características da vegetação.

A vegetação entorno dos cursos d'água perenes são consideradas áreas de preservação permanente, as quais são protegidas pela lei federal 12.651/12 (GONÇALVEZ *et al.*, 2018). As APPs existem para manter as características naturais das matas ciliares e garantir a proteção dos recursos hídricos. Na figura 6 são apresentadas as APPs das hidrografias, assim como a interseção entre elas e as nascentes encontradas dentro do terreno do Eco-resort. A identificação de forma precisa desses elementos são fundamentais para a realização do diagnóstico ambiental.

Figura 6 – Mapa dos buffers representando as Áreas de Preservação Permanente (APP) das drenagens geradas.



Fonte: Criado pelo Autor

Considerando que a interseção (ilustrada na figura 6) entre as APPs seja realmente área de preservação permanente, a tabela 1 informa que 68,54 % da área da APP gerada da hidrografia automática se encontram dentro desses 4,1768 hectares (interseção) onde é certa a proteção. Na APP visual o valor é mais alto, atingindo 81,72 % de área dotada de proteção.

Tabela 1 – Relação entre APPs e interseção.

<i>APP</i>	<i>Área (ha)</i>	<i>Porcentagem (%)</i>	<i>Relação (%) Interseção/APP</i>
<i>APP Hidrografia Automática</i>	6,0939	40	68,54
<i>APP Hidrografia Visual</i>	5,1108	33	81,72
<i>Interseção</i>	4,1768	27	

Fonte: Criado pelo autor.

Ao avaliar a tabela, se nota que a vetorização visual foi mais eficiente na identificação da APP e conseqüentemente, da hidrografia, entretanto, esse resultado é dado pelo fato da área da APP automática ser maior devido a identificação de um trecho de escoamento não encontrado visualmente. Ao remover essa drenagem, a relação entre a interseção e a APP da hidrografia automática atinge 82% enquanto a relação com a APP da hidrografia visual diminui pra 78%.

CONCLUSÕES

O método automático de detecção de drenagem, utilizado em grande escala e em áreas urbanas, se provou bastante eficiente na identificação da hidrografia desde que acompanhado da análise visual, pois as interferências humanas no meio interferem no escoamento superficial natural.

O trabalho demonstrou portanto, que a utilização de RPAs para identificação de drenagens e análises ambientais é bastante satisfatória para a área de estudo. Foi possível extrair dados necessários em diagnósticos ambientais como hidrografia e APPs sem a necessidade de ir à campo. A precisão de ter apoio geodésico, entretanto, resultaria na determinação das áreas de preservação com mais precisão, podendo maximizar a área útil do terreno.

Além disso, com o avanço da tecnologia com o intuito de um melhor desempenho dos RPAs, as limitações atuais, como estabilidade de voo, tempo de voo e capacidade de carga, serão facilmente superados e assim resultará em novas aplicações no âmbito ambiental e hidrológico (TAURO, PORFIRI e GRIMALDI, 2016).

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. *et al.* Deficiências no Diagnóstico Ambiental dos Estudos de Impacto Ambiental (EIA). *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, v. 4, n. 2, p. 33–48, 2016.
- BOSQUILIA, R. W. D. *et al.* Comparação entre métodos de mapeamento automático de rede de drenagem utilizando SIG. *Irriga*, v. 20, n. 3, p. 445–457, 2015.

BOTTEON, V. W. Aplicabilidade de ferramentas de geotecnologia para estudos e perícias ambientais. *Revista Brasileira de Criminalística*, v. 5, n. 1, p. 7, 2016.

CALIJURI, M. C.; CUNHA, D. G. F. Engenharia Ambiental: conceitos, tecnologia e gestão. [S.l: s.n.], 2013.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. 1986. Resolução CONAMA nº 1, de 23 de janeiro de 1986. Disponível em: <<http://www.mma.conama.gov.br/port/conama>>. Acesso em 15/03/2019.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. 2002. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002. Disponível em: <<http://www.mma.conama.gov.br/port/conama>>. Acesso em 20/03/2019.

COSTA, A. P. L.; MARTINS, R. A. Diagnóstico ambiental do meio físico: ausência de análises geoquímicas nos relatórios de controle ambiental para obtenção de licença prévia para perfuração de poços de petróleo onshore do Rio Grande do Norte. *Geochimica Brasiliensis*, v. 28, n. 1, p. 108–115, 2015.

FILHO, J. J. T.; MORAES, J. M.; PAULA, T. L. F. DE. Geoparque Pireneus (GO) - Proposta. [S.l: s.n.], 2012.

GONÇALVES, J. V. F. *et al.* Análise e Caracterização Ambiental da Microbacia do Córrego Itaúna – Londrina-PR: Modernização Metodológica Apoiada em Geotecnologias. *Simpósio Nacional de Geografia e Gestão Territorial e Semana Acadêmica de Geografia da Universidade Estadual de Londrina*, 2018. p. 570–586.

MOTA, S. Introdução à Engenharia Ambiental. 4 ed. Rio de Janeiro: Expressão Gráfica, 2010.

QUEIROZ, M. NASCENTES, VEREDAS E ÁREAS ÚMIDAS: Revisão Conceitual e Metodologia de Caracterização e Determinação: Estudo de Caso na Estação Ecológica de Águas Emendadas - Distrito Federal. p. 161, 2015.

SÁNCHEZ, L. E. Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

STEINER, F.; MARZOLFF, I.; OLEIRE-OLTMANN, S. Hydrologic validation of a structure-from-motion DEM derived from low-altitude UAV imagery. *Geophysical Research Abstracts*, v. 17, p. 10127, 2015.

Uso de RPAs em Diagnósticos Ambientais

TAURO, F.; PORFIRI, M.; GRIMALDI, S. Surface flow measurements from drones. *Journal of Hydrology*, v. 540, p. 240–245, 2016.

ZHANG, J. *et al.* Seeing the forest from drones: Testing the potential of lightweight drones as a tool for long-term forest monitoring. *Biological Conservation*, v. 198, n. March 2016, p. 60–69, 2016.