

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA – IG
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA
CAMPUS MONTE CARMELO

SAMUEL RODRIGUES DA CUNHA

**ESTUDO BATIMÉTRICO DA REPRESA DO DMAE E UTILIZAÇÃO DE
GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DO ENTORNO**

MONTE CARMELO

2019-1

SAMUEL RODRIGUES DA CUNHA

**ESTUDO BATIMÉTRICO DA REPRESA DO DMAE E UTILIZAÇÃO DE
GEOTECNOLOGIAS PARA ANÁLISE DA OCUPAÇÃO DO ENTORNO**

Projeto apresentado como requisito para a aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II no curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica na Universidade Federal de Uberlândia.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo B. de Araújo Gallis

Coorientadora: Prof.^a Dr. Naíssa Batista da Luz

MONTE CARMELO

2019-1

DEDICATÓRIA

*“Mesmo que eu ande pelo vale da sombra da morte, eu não
temerei a mal nenhum, porque Tu Senhor, estás comigo.”
(Salmo 23)*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por seu imenso amor e cuidado, por me conceder saúde e ser minha força em todos os momentos.

Aos meus pais Marcelo e Margarida, que são minha referência de amor e de fé. Agradeço por toda educação, carinho e pelo amor incondicional que sempre destinaram a mim.

Aos meus queridos irmãos Lucas e Sara, que sempre me incentivaram a prosseguir, agradeço pela paciência e carinho. Não tenho palavras para expressar a minha gratidão. Ao meu primo Gustavo, que tem compartilhado dos momentos de luta e vitória ao meu lado.

À minha companheira de todos os momentos e namorada, Amanda, agradeço por jamais me negar apoio, carinho e incentivo. Obrigado “Amor”, por aguentar as crises de estresse e ansiedade. Sem você ao meu lado este trabalho não seria possível.

Aos meus amigos Kairon, Marco Aurélio, Pablo, Rafael e Vinícius, agradeço pelos anos de companheirismo. Ao “Topo de Minas” por todos os momentos de risadas, apertos e alegrias compartilhados nesses anos de graduação. Ao “Brotherhood” por estarem comigo desde a infância vivenciando cada etapa de minha vida.

Aos meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Gallis, pelo estímulo, apoio e orientação durante minha graduação. Sem a sua confiança e sabedoria, este trabalho não teria sido realizado.

À minha coorientadora Prof^a. Dra. Naíssa Luz, agradeço pela orientação sempre em alto astral, pelo apoio e dedicação durante todas as etapas deste trabalho.

Agradeço ao Prof. Dr. Pedro Toledo por ter aceitado o convite para poder contribuir neste trabalho. Sua imensa disposição e confiança contribuíram grandemente para realização desta importante etapa em minha vida.

Finalmente, agradeço ao Edmar e Túlio, servidores que com tanta disposição e paciência auxiliaram nas etapas mais importantes deste trabalho. Aos meus amigos Nicolás e Keliton, agradeço pelo apoio nos levantamentos de campo.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|--|----|
| Figura 1 | Princípio de funcionamento de levantamento batimétrico utilizando ecobatímetro. | 16 |
| Figura 2 | Sistema de sondagem de ecobatímetro monofeixe (A) e multifeixe (B). | 17 |
| Figura 3 | Movimentos de uma embarcação considerados pelo modelo WAMIT. Os movimentos, calculados através deste modelo, tem sua origem no referencial baricêntrico da embarcação. | 18 |
| Figura 4 | Mapa de localização da área de estudo. | 28 |
| Figura 5 | Fluxograma metodológico. | 31 |
| Figura 6 | Croqui de seccionamento do levantamento batimétrico. | 34 |
| Figura 7 | Plano de voo executado para levantamento aerofotogramétrico. | 36 |
| Figura 8 | Distribuição dos pontos rastreados no levantamento geodésico. | 37 |
| Figura 9 | Pontos de rastreamento de dados durante levantamento geodésico. | 38 |
| Figura 10 | Caminhamento obtido durante o levantamento das Linhas Regulares de Sondagem. | 41 |
| Figura 11 | Caminhamento obtido durante o levantamento das Linhas de Verificação. | 41 |
| Figura 12 | Em A, pode ser observado o bastão que foi utilizado como suporte para o transdutor e para a antena externa do GPS. Em B, o suporte fabricado especificamente para uso do ecobatímetro, e o transdutor, abaixo do nível da água. Na imagem C, a interface do software do ecobatímetro durante o levantamento. | 42 |
| Figura 13 | Modelo Digital de Superfície, Ortofoto e Curvas de Nível da área de estudo. | 42 |
| Figura 14 | Sobreposição das camadas vetoriais sob o Modelo Digital de Superfície. | 43 |
| Figura 15 | Sentido de escoamento de fluidos nas vias pavimentadas. | 44 |
| Figura 16 | Registro feito durante etapa de levantamento batimétrico. A área de estudo possui rica biodiversidade em fauna e flora, porém acúmulos de lixo em | 46 |

determinadas regiões no entorno trazem impacto negativo a toda a região de estudo.

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 17 | Mapa de Uso e Ocupação do Solo da região de estudo. | 47 |
| Figura 18 | Análise da área de estudo conforme Lei Estadual N° 20.922. | 48 |
| Figura 19 | Análise da área de estudo conforme a Lei Federal N° 12.727. | 50 |
| Figura 20 | Região de assoreamento no corpo hídrico em estudo. | 51 |
| Figura 21 | Imagem aérea de 31/07/2011 da área de estudo. Como pode ser observado, se trata de um período de seca, onde é visível a redução do volume de água da represa. É possível observar também a diferença na quantidade de vegetação quando analisada a imagem de 2019. | 52 |
| Figura 22 | Vizualização do comportamento batimétrico da represa do DMAE. | 53 |
| Figura 23 | Interpolação gerada através do método interpolador krigagem, e ao lado as curvas de nível do relevo da represa. | 54 |
| Figura 24 | Perfis batimétricos do corpo hídrico em estudo. | 55 |
| Figura 25 | Área proposta para implantação da ZEIA. Como pode ser observado, a área possui corpos d'água, mata nativa, áreas urbanizadas, regiões de cultivo, áreas de pastagem e regiões de solo exposto. Importante ressaltar a presença de uma subestação de energia da CEMIG próximo á área da represa do DMAE. | 58 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|-----------------|--|----|
| Quadro 1 | Classificação das RPAs quanto ao PMD (Peso Máximo de Decolagem). | 24 |
|-----------------|--|----|

LISTA DE TABELAS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Tabela 1 | Constantes utilizadas no cálculo do IVT_{Max} . | 21 |
| Tabela 2 | Parâmetros de entrada e seus respectivos valores utilizados no planejamento do levantamento aerofotogramétrico. | 32 |
| Tabela 3 | Dados da represa obtidos através dos levantamentos. | 54 |

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

| | |
|---------------|---|
| APP | Área de Preservação Permanente |
| ANAC | Agência Nacional de Aviação Civil |
| ANATEL | Agência Nacional de Telecomunicação |
| ARP | Aeronave Remotamente Pilotada |
| DECEA | Departamento de Controle do Espaço |
| DGDEC | Departamento Geral de Defesa Civil |
| DHN | Diretoria de Hidrografia e Navegação |
| DMAE | Departamento Municipal de Água e Esgoto |
| GNSS | <i>Global Navigation Satellite System</i> |
| GSD | <i>Ground Sample Distance</i> |
| IHO | <i>International Hydrographic Organization</i> |
| IVT | Incerteza Vertical Total |
| MDS | Modelo Digital de Superfície |
| MDT | Modelo Digital do Terreno |
| NR | Nível de Redução |
| PMD | Peso Máximo de Decolagem |
| RBHA | Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica |
| RBMC | Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo |
| SISANT | Sistema de Aeronaves não Tribuladas |

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| RESUMO | 10 |
| 1 INTRODUÇÃO | 11 |
| 2 OBJETIVOS | 13 |
| 2.1 Objetivo geral | 13 |
| 2.2 Objetivos específicos | 13 |
| 3 JUSTIFICATIVA | 14 |
| 4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 4.1 Batimetria | 15 |
| 4.1.1 <i>Ecobatímetro monofeixe</i> | 16 |
| 4.1.2 <i>Posicionamento da embarcação</i> | 19 |
| 4.1.3 <i>Análise da precisão em levantamentos batimétricos</i> | 20 |
| 4.2 Fotogrametria | 24 |
| 4.2.1 <i>Aeronave Remotamente Pilotada</i> | 24 |
| 4.2.2 <i>Legislação de ARP</i> | 25 |
| 4.2.3 <i>ARP aplicado a Análise Ambiental</i> | 26 |
| 4.3 Área de Preservação Permanente | 27 |
| 4.3.1 <i>Lei N°12.651</i> | 27 |
| 4.3.2 <i>Lei N°12.727</i> | 28 |
| 4.3.3 <i>Lei N°20.922</i> | 28 |
| 5 MATERIAL E MÉTODOS | 29 |
| 5.1 Área de estudo | 29 |
| 5.2 Material | 29 |
| 5.3 Metodologia | 31 |
| 5.3.1 <i>Planejamento de Voo</i> | 32 |
| 5.3.2 <i>Planejamento Geodésico</i> | 34 |
| 5.3.3 <i>Planejamento Batimétrico</i> | 34 |
| 6 AQUISIÇÃO DOS DADOS | 37 |
| 6.1 Levantamento Aerofotogramétrico | 37 |
| 6.2 Levantamento Geodésico | 37 |
| 6.3 Levantamento Batimétrico | 40 |
| 6.3.1 <i>Execução do Levantamento Batimétrico</i> | 40 |
| 6.3.2 <i>Processamento dos Dados</i> | 42 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 6.4 | Geração da Ortofoto e do MDS..... | 42 |
| 7 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 43 |
| 7.1 | Sentido de Escoamento das Vias..... | 43 |
| 7.2 | Análise das Áreas de Preservação Permanente e do Entorno..... | 45 |
| 7.2.1 | <i>Caracterização da área de estudo.....</i> | 46 |
| 7.2.2 | <i>Mapa de Uso e Ocupação do Solo.....</i> | 47 |
| 7.2.3 | <i>Análise das APP`s em Relação ao Previsto na Lei 20.922/Estadual.....</i> | 48 |
| 7.2.4 | <i>Análise das APP`s em Relação ao Previsto na Lei 12.727/Federal.....</i> | 49 |
| 7.2.5 | <i>Zona de Assoreamento.....</i> | 50 |
| 7.3 | Estudo Batimétrico..... | 52 |
| 8 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 57 |
| | REFERÊNCIAS | 59 |
| | ANEXO A – Especificações da IHO para Levantamentos Hidrográficos | 63 |

RESUMO

Grande parte da superfície terrestre é coberta por água. Porém apenas cerca de 2% de toda essa água é própria para consumo humano. Dentro disso, grande parte da água disponível para consumo do homem está localizado em rios, represas e lagos. A necessidade de proteção e de uma gestão ativa na fiscalização e implementação de leis reguladoras nestas áreas reflete automaticamente na quantidade e na qualidade de água disponível nestes corpos hídricos. Dentro disso, este trabalho visa gerar o estudo batimétrico da Represa do DMAE e analisar o uso e ocupação do entorno do corpo d'água, a partir do uso de geotecnologias. Os resultados apontam que a represa possui baixa profundidade e alguns pontos com o terreno mais acidentado. A baixa profundidade, principalmente na seção 2 é explicada pela influência de uma zona de assoreamento, que através das análises, se mostra em expansão gradual. Um dos agentes intensificadores deste processo é falta de cobertura vegetal em determinados pontos no entorno do corpo d'água, o que traz a necessidade de implementação de planos de recuperação para tais áreas, que hoje se encontram fora dos padrões exigidos pela legislação ambiental.

Palavras-chave: Batimetria. Análise do entorno. Aerofotogrametria. Legislação ambiental.

1 INTRODUÇÃO

Cerca de dois terços da superfície da Terra é completamente coberta por água em seu estado líquido. Porém, há de se ressaltar que apenas uma pequena parcela está própria e disponível ao ser humano na forma de rios, lagos e represas. Todo o restante está dividido sob a forma de oceanos, aquíferos, geleiras e vapor (BLANCO, 1999).

Na sociedade atual a água saiu de uma posição de bem natural e passou a ser vista como um recurso hídrico. Passou se a utilizá-la de modo indiscriminado, sempre com novas aplicações, não sendo avaliadas as consequências e o impacto ambiental em relação à quantidade e qualidade da água (BENAKOUCHE e CRUZ, 1994 *apud* MATTOS, 2007).

A evolução do processo de urbanização, desflorestamento e a decorrente impermeabilização dos solos somam se ao agrupamento de problemas ambientais, como a erosão do solo, mudanças no clima regional e o assoreamento de fontes hídricas. Todo esse processo faz com que o uso de recursos hídricos pelo ser humano seja questionado. É indiscutível assegurar que existe uma atenuação na quantidade de recursos hídricos disponibilizada para uso humano, e parte dessa redução se deve aos assoreamentos que sucedem nos reservatórios destinados ao abastecimento público nos centros urbanos. O assoreamento ocorre principalmente devido a processos erosivos, visto que a própria erosão oferece materiais, que quando movidos e depositados, formam o assoreamento (SILVEIRA, *et al.*, 2009).

Grande parte destas feições erosivas surgem com o desmatamento ilegal de áreas com cobertura florestal, denominadas Áreas de Preservação Permanente (APP). As APPs, amparadas nos artigos 2º e 3º do Código Florestal Brasileiro, são consideradas como áreas cobertas ou não por vegetação nativa, que possui a função de proteger os recursos naturais ambientais, os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a fauna e flora e também assegurar o bem estar da sociedade (MESQUITA, *et al.*, 2010).

Neste contexto, surgem ferramentas para auxílio e uso na gestão ambiental, chamadas de geotecnologias. As geotecnologias podem ser compreendidas como as atuais tecnologias aplicadas ao ramo das geociências e análogas, ramo no qual tem se avanços relevantes no planejamento, na gestão, no desenvolvimento de pesquisas e em tantos outros aspectos ligados à organização do espaço geográfico (FITZ, 2008, p.11). Hoje, as geotecnologias estão entre os três mercados de maior importância na atualidade, juntamente com a biotecnologia e a nanotecnologia (NATURE, 2004, p.1).

Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo geral avaliar o uso de geotecnologias na geração do modelo batimétrico e análise do entorno da Represa do DMAE, represa responsável pelo abastecimento público do município de Monte Carmelo/MG. Serão utilizados o ecobatímetro e ARP (Aeronave Remotamente Pilotada) como equipamentos de levantamento de dados, o que possibilita a verificação das potencialidades destes equipamentos como recursos provedores de dados com rapidez e eficiência para uso em estudos ambientais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Contribuir com provimento de informações técnico-científicas relevantes ao planejamento e gestão do uso do solo e abastecimento hídrico do município de Monte Carmelo através do levantamento de uso e ocupação do solo do entorno e levantamento batimétrico do corpo d'água.

2.2 Objetivos específicos

- Gerar o perfil batimétrico do corpo d'água em estudo e posterior determinação da volumetria;
- Realizar a caracterização morfológica do fundo da represa;
- Analisar o uso do solo do entorno quanto a adequação ao Código Florestal e leis vigentes;
- Gerar o mapa de uso e cobertura da terra a partir de dados obtidos com ARP's como ferramenta de gestão do Plano Diretor do município de Monte Carmelo.

3 JUSTIFICATIVA

A utilização de geotecnologias para auxílio na gestão ambiental, no fornecimento de dados capazes de contribuir com os administradores na caracterização de diretrizes e parâmetros para tomadas de decisões é uma realidade incontestável. A partir de dados de sensores remotos, as imagens aéreas ou orbitais coletadas auxiliam os gestores na confecção de leis, normativas, plano de manejo e uma série de outros documentos para direcionar as ações antrópicas quando se trata de meio ambiente.

A redução dos custos das soluções de imageamento, a chegada dos ARP's e a facilidade de uso do mesmo, os torna uma ferramenta de grande valia para levantamento de dados principalmente voltados para análises ambientais. Como o trabalho tem como intuito analisar o entorno da principal represa que abastece o município, e correlacionar o uso do solo no entorno da represa com dados de profundidade obtidos com um ecobatímetro para verificar a topografia do fundo, será possível melhor definir parâmetros de conservação, um planejamento de manejo do uso do solo e preservação de área de proteção permanente ao redor da represa e diretrizes para gestão hídrica do Município.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 Batimetria

Batimetria é a ciência da mensuração e determinação da topografia subaquática de corpos d'água, normalmente lagos, rios e oceanos (KEARNS; BREMAN, 2010). Pode ser definida também como o processo de obtenção da forma e comportamento do relevo abaixo de uma lâmina d'água através da medição de sua profundidade (HIDROTEL, 2002).

Dentre algumas de suas aplicações, evitar o transbordo através da quantificação do assoreamento, caracterizar o escoamento hidrodinâmico baseado no estudo da topografia do relevo submerso e gerar um modelo matemático para situação de qualidade e quantidade num determinado corpo d'água surgem como ferramentas para auxílio no controle e gestão (ZORZAI, 2000).

Segundo Krüeger (2005), as mensurações de profundidade podem ser realizadas de maneira direta e indireta. O método direto consiste na utilização de ferramentas manuais, como o uso do prumo de mão, estádias e máquina de sondagem. O método indireto baseia-se no emprego de sensores acústicos, tais como o ecobatímetro monofeixe ou multifeixe, sensores eletromagnéticos aerotransportados ou espaciais. Para um levantamento em corpo d'água, é de suma importância considerar fatores como profundidade, visibilidade, aplicação do trabalho, conhecimento da área de estudo, dimensões da área, tempo de execução do projeto, etc.

Um levantamento batimétrico, assim como todo projeto e trabalho de campo, necessita de um planejamento preliminar, desde a localização de toda a extensão a ser levantada, até a etapa de comunicação com os órgãos responsáveis. Posteriormente, se tem a inspeção *in loco*, essencial para verificação do estado e das condições da área. Fatores como a estimativa de largura, estimativa de profundidade e modificações antrópicas no ambiente, devem ser considerados (GAGG, 2016). Estas análises elaboram a base necessária para definição da metodologia e materiais a serem utilizados.

Segundo Ramos (2007), uma das maiores dificuldades a ser enfrentada nos levantamentos batimétricos é no controle do posicionamento planimétrico da embarcação. Devido à instabilidade da embarcação, não é factível a materialização de pontos estáveis para fins de observação, assim como é também inviável medições subsequentes com a proposta de um ajustamento.

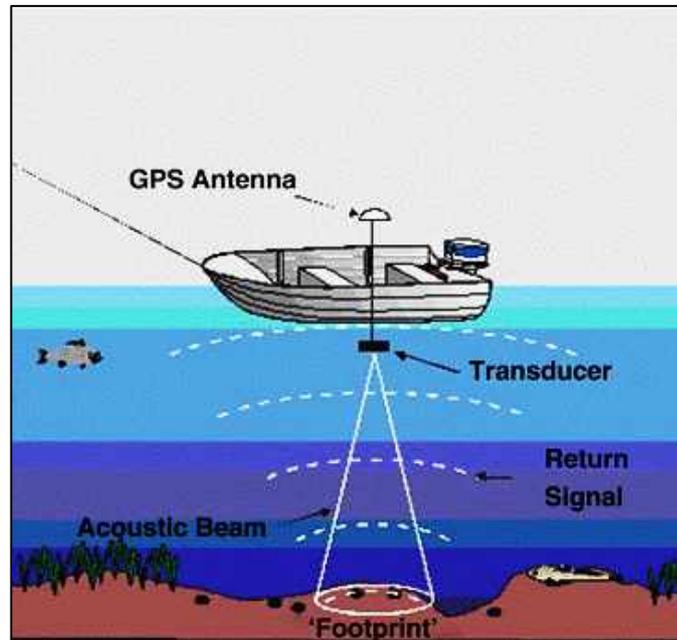
4.1.1 Ecobatímetro monofeixe

O funcionamento de um ecobatímetro consiste basicamente na transmissão perpendicular de um feixe de ondas sonoras ou ultra-sonoras por meio de um emissor, chamado transdutor, instalado na embarcação. As ondas sonoras emitidas através do transdutor atravessam a camada líquida e atingem o fundo, o que resulta no retorno de parte da energia refletida (eco) à superfície. O transdutor capta esse eco, e o tempo de emissão e recepção das ondas sonoras é então calculado pelo ecobatímetro. Essa diferença entre o tempo de recepção e o tempo de emissão, associado à velocidade de propagação das ondas sonoras na água resultam na determinação da profundidade (RIBEIRO *et al* 2008).

Nos corpos d'água, a velocidade do som é aproximadamente quatro vezes maior do que no ar. Este fato pode ser explicado pelo princípio físico de velocidade de propagação de ondas. Quanto maior a densidade no ambiente, maior será a velocidade de propagação das ondas. A densidade da água, porém, é uma variável dependente de três fatores: salinidade da água, temperatura e pressão. Desta forma, para que se tenha a redução de influência destes fatores, e para que se tenha qualidade nas mensurações no levantamento de profundidades a ser realizado, é imprescindível a realização do processo de calibração do ecobatímetro (MATIAS, 2010).

O processo de calibragem do equipamento é realizado utilizando uma chapa metálica, de aproximadamente 35 mm de diâmetro, montado sob o transdutor, estabilizado por um cabo de aço graduado, o qual possibilita conhecer a profundidade da placa, quando submersa. Ao se conhecer a profundidade desta placa, é verificado se o valor de profundidade fornecido pelo ecobatímetro está correto. Em caso contrário, a velocidade do som será alterada até que os valores verificados no cabo de aço e no equipamento sejam similares. Vale ressaltar que a calibração deve necessariamente ser realizada com no mínimo 70% da máxima profundidade local (IHO, 2005).

Figura 1 – Princípio de funcionamento de levantamento batimétrico utilizando ecobatímetro.



Fonte: PENROSE et al.(2005).

Especificamente no caso dos ecobatímetros monofeixe (*singlebeam*), é efetuado um único registro de profundidade a cada pulso emitido (*ping*). Estes pulsos são emitidos de forma contínua, o que resulta em seções batimétricas por todo o trajeto de navegação (GAGG, 2016). Nos levantamentos batimétricos monofeixe é recomendado que a área a ser mapeada seja dividida em uma malha de linhas paralelas, de modo adequado para que sirva de diretriz para o levantamento. Essas linhas são nomeadas linhas regulares de sondagem e podem ser paralelas, circulares, radiais ou em ziguezague. Afim de que se obtenha uma melhor projeção das curvas isobatimétricas, é aconselhável que se leve em consideração a orientação das linhas, onde estas, em casos de áreas marítimas ou de lagos, devem ser perpendiculares à costa ou à margem. No cenário de rios ou canais, devem ter uma orientação perpendicular ao talvegue do rio ou ao eixo do canal (MARTINI, 2007).

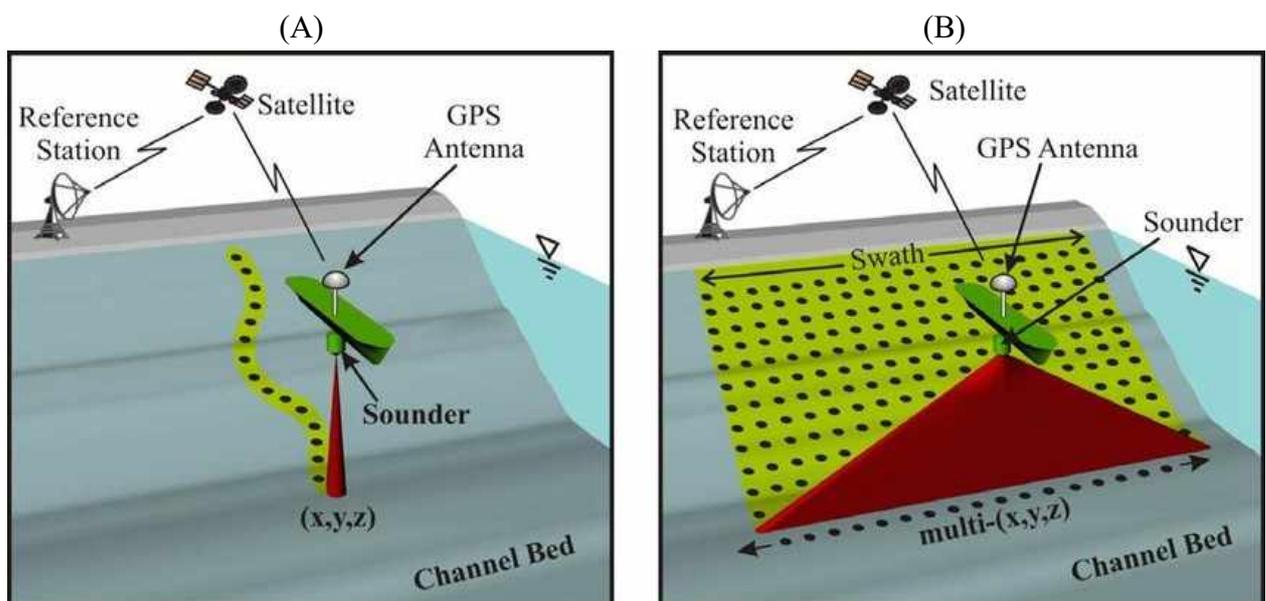
A distância entre as linhas regulares de sondagem, de acordo com as normas da IHO (*International Hydrographic Organization*), recomendadas pela DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação), se altera conforme a ordem do levantamento e são especificados no Anexo A (IHO, 2008). Esse afastamento pode ser reduzido quando o fundo submerso for acidentado. Nas ocasiões em que não se consegue seguir a linha planejada por algum bloqueio ou falha do condutor, ocorrem clarões na área levantada. Esses clarões são também chamados de “feriados”. Conforme Martini (2007), tem sido adotado o valor de 1 mm na

escala do levantamento como tolerância para os feriados. Finalizado o levantamento, se for verificado algum “feriado” é fundamental que seja refeita a sondagem nos lugares mencionados.

Conforme as condições do leito submerso em levantamentos batimétricos, pode-se alcançar uma aproximação da precisão do trabalho por meio de linhas de verificação que interceptam as linhas regulares de sondagem ortogonalmente. O espaço entre as linhas de verificação tem de ser aproximadamente de 10 vezes o valor do intervalo utilizado para as linhas regulares de sondagem (MARTINI, 2007). O padrão de qualidade da sondagem também pode ser ponderado por meio de uma apuração dos erros do sistema de levantamento utilizado. Esta análise é feita antes do levantamento e possibilita a verificação da capacidade do sistema de atingir as condições mínimas de qualidade definidas pela IHO (IHO, 2005).

A principal vantagem do ecobatímetro monofeixe (*singlebeam*) em relação aos ecobatímetros multifeixes (*multibeam*), é no custo e no tempo de processamento, visto que o *singlebeam* gera custos menores e exige menos tempo na hora do processamento. Muitas dessas características, são baseadas no tipo de trabalho a ser desenvolvido, onde a utilização do *multibeam* é mais usual em projetos que se exigem um maior nível de detalhamento da superfície do fundo e resultados com alta resolução e precisão (FERREIRA, 2013).

Figura 2 – Sistema de sondagem de ecobatímetro monofeixe (A) e multifeixe (B).

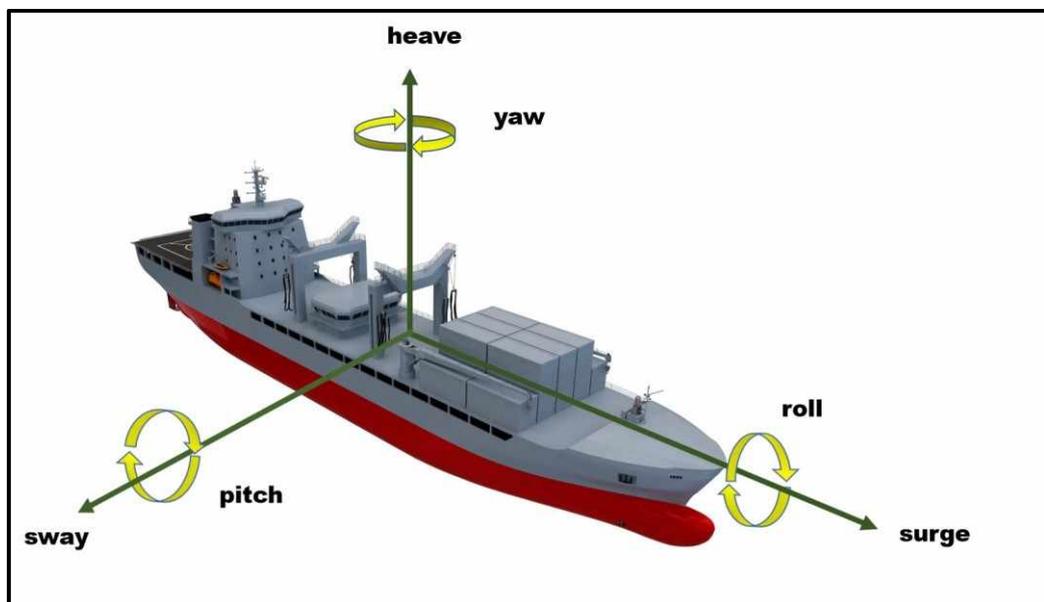


Fonte: Muste et al.(2010).

4.1.2 Posicionamento da Embarcação

Para que todas as medições realizadas no levantamento batimétrico tenham qualidade posicional, é importante a associação a um sistema de referência na superfície da água. Este processo é conhecido como georreferenciamento submarino. Porém é importante ressaltar que a embarcação, está submetida a movimentos que influenciam diretamente na qualidade do levantamento (GAGG,2016). Com o impacto de ondas e movimento da água, a embarcação sofre movimentos de translação e rotação. Os movimentos de translação podem ser definidos como longitudinais (*surge*) no eixo X, transversais (*sway*) no eixo Y e verticais no eixo Z (*heave*). Já os movimentos de rotação podem ser classificados em balanço (*roll*) no eixo X, caturro (*pitch*) no eixo Y e guinada (*yaw*) no eixo Z (THOMAS, 2001) .Todos esses movimentos estão ilustrados na Figura 3.

Figura 3 – Movimentos de uma embarcação considerados pelo modelo WAMIT. Os movimentos, calculados através deste modelo, tem sua origem no referencial baricêntrico da embarcação.



Fonte: Adaptado de *Kongsberg Maritime* (2016).

Com isso, se faz necessário a realização de medições e cálculos destes movimentos para que a posição da embarcação possa ser obtida, afim de que seja possível o posicionamento de objetos no fundo submerso.

Segundo Ferreira (2013), os movimentos de rotação irão descrever o comportamento da embarcação e poderão ser obtidos com o uso de sensores inerciais. Sensores inerciais consistem de acelerômetros e giroscópios que proporcionam saber a inclinação, o que é fundamental para que exista coerência entre as informações do sistema batimétrico e o valor de profundidade da posição registrada com o sistema GNSS.

No caso da batimetria monofeixe, os movimentos de rotação podem até ser desconsiderados, desde que as características do ecobatímetro, da profundidade do corpo d'água e das condições meteorológicas locais sejam favoráveis, ou seja, se os deslocamentos rotacionais não ultrapassarem o valor do ângulo de abertura do feixe, eles não terão impacto significativo no cálculo da profundidade (IHO, 2005).

4.1.3 Análise da precisão em levantamentos batimétricos

Como nas ciências geodésicas, os erros na determinação de profundidade podem ser separados em três tipos: erros sistemáticos, grosseiros e aleatórios. Os erros sistemáticos ocorrem quando existe algum tipo de alteração e desvio nas medidas, ou alguma falha na compensação dos erros fixos. Podem ser determinados e corrigidos durante a calibração do sistema de levantamento a ser utilizado ou posteriormente, mediante a utilização de análise estatística. Os erros grosseiros são aqueles ocasionados por falhas eventuais dos equipamentos e/ou do operador, sendo este tipo de erro facilmente perceptível pelas variações anormais nas medições. Posteriormente à remoção dos erros sistemáticos e grosseiros, subsistem-se ainda os erros aleatórios, que podem ser avaliados através de técnicas estatísticas rígidas, de maneira a avaliar a precisão das observações (IHO, 2005; FERREIRA, 2013).

Nas pesquisas realizadas sobre a temática batimetria, deve ser feita a diferenciação dos termos “profundidade” e “sondagem”. A sondagem é dada pela Equação 1, e condiz a uma medida aproximada da profundidade local (IHO, 2005; MATIAS, 2010; FERREIRA, 2013).

$$S = 0,5 \cdot v \cdot t \quad (1)$$

Onde:

S - medida aproximada da profundidade local (sondagem);

v - velocidade de propagação do som na água (m/s);

t - tempo gasto pelo sinal para ir ao fundo e retornar (s).

Como pode ser observado, devem ser acrescentadas à sondagem certas correções (correção instrumental, de posição do transdutor, dos movimentos da embarcação de sondagem e ambientais) para que seja viável a obtenção da profundidade reduzida¹ com uma imprecisão inferior. A profundidade reduzida é obtida através da Equação 2 (RAMOS, 2007; FERREIRA, 2013):

$$P = 0,5 \cdot v \cdot t + k + D + \varepsilon \quad (2)$$

Onde:

P - profundidade reduzida - referida a um nível de redução (metros);

v - velocidade de propagação do som na água inserida no ecobatímetro (metros/segundos);

t - tempo gasto pelo sinal para chegar ao fundo e retornar (segundos);

k - índice de correção instrumental para o ecobatímetro (metros);

D - *Draft* - Profundidade de imersão do transdutor (metros);

ε - demais correções, como: variações dinâmicas de calado (motivado pelo consumo de água e de combustível), movimento de *Settlement*² e *squat*³ da embarcação de sondagem, definição do Nível de Redução (NR) e variação do nível d'água.

Os levantamentos batimétricos devem cumprir as normas firmadas pela DHN em consenso com a IHO. Na determinação da profundidade, a Incerteza Vertical Total Máxima permitida (IVT_{Max}) para um nível de confiança de 95% é dada pela Equação 3:

$$IVT_{Max} = \pm \sqrt{a^2 + (b * P_{média})^2} \quad (3)$$

Onde:

a - representa a fração da incerteza que não varia com a profundidade;

b - coeficiente que representa a fração da incerteza que varia com a profundidade;

¹ Profundidade corrigida dos efeitos de maré (IHO, 2005).

² Corresponde a um decréscimo do nível da linha d'água de uma embarcação em movimento, relativamente ao mesmo nível, considerando-se a embarcação imobilizada (IHO, 2005).

³ Diferença de nível observada entre a proa e a popa de uma embarcação, quando em movimento, gerando um sistema de ondas da proa para popa da embarcação (IHO, 2005).

$P_{média}$ - profundidade média;

As constantes a e b são fornecidas pela Tabela (1) e se alteram de acordo com a classificação dos levantamentos hidrográficos (IHO, 2008).

Tabela 1 – Constantes utilizadas no cálculo do IVT_{Max} .

| Classificação | Especial | 1a | 1b | 2 |
|---|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Precisão das Profundidades Reduzidas (nível de confiança de 95%) | $a = 0,25$ m $b = 0,0075$ | $a = 0,50$ m $b = 0,013$ | $a = 0,50$ m $b = 0,013$ | $a = 1,00$ m $b = 0,023$ |

Fonte: Adaptado de IHO (2008) e Ferreira (2013).

O levantamento estará conforme os padrões de qualidade quando o valor da Incerteza Vertical Total estimada (IVT_{Est}) das profundidades reduzidas for inferior ao IVT_{Max} . O IVT_{Est} das profundidades reduzidas pode ser obtido através da verificação dos erros, sem correlações entre si, do sistema de sondagem. A correta avaliação do IVT_{Est} permite a verificação da capacidade de determinados sistemas em alcançar as condições mínimas de qualidade para determinado tipo de levantamento (IHO, 2005; RAMOS, 2007).

O IVT_{Est} , ao nível de confiança de 68% é obtido através da raiz quadrada do somatório das variâncias de todos os componentes integrantes da Equação 2, dado pela Equação 4 (IHO, 2005):

$$IVT_{Est} = \sqrt{\sigma_{zv}^2 + \sigma_{zt}^2 + \sigma_h^2 + \sigma_i^2 + \sigma_R^2 + \sigma_{Tide}^2} \quad (4)$$

Onde:

σ_{zv}^2 - variância da profundidade devida à incerteza na medida da velocidade do som e à sua variação temporal e espacial;

σ_{zt}^2 - variância da profundidade devida à incerteza na medida do tempo de propagação do feixe acústico;

σ_h^2 - variância da profundidade devido ao efeito *heave*;

σ_i^2 - variância da profundidade em função da incerteza na posição do transdutor, alterações de calado, efeitos de assentamento e *squat*;

σ_R^2 - variância da profundidade devido à incerteza na leitura dos registros do ecobatímetro e em função da sua resolução;

σ_{Tide}^2 - variância da profundidade em função às incertezas na observação e redução das variações do nível d'água.

Considerando que os elementos das incertezas seguem uma distribuição normal, o IVT_{Est} , a um nível de confiança de 95% é obtido alterando na Equação 4 cada variância σ^2 por $(1,96\sigma)^2$ (IHO, 2005).

O IVT_{Est} , calculado através da Equação 4 determina uma estimativa de qualidade do levantamento fundamentado nos desvios plausíveis não correlacionados do sistema de sondagem. Contudo, é aconselhável que a precisão do levantamento batimétrico seja fundamentada em observações redundantes obtidas pela mesma embarcação de sondagem. Todavia, a obtenção de dados redundantes em recintos submersos não é tão elementar como em levantamentos topográficos, fotogramétricos ou geodésicos, no qual é possível executar várias medições repetidas para a realização de um ajustamento subsequente e ainda, consolidar pontos de controle (RAMOS, 2007; FERREIRA, 2013).

Diante da complexidade de obtenção de medidas repetidas em recintos submersos, são realizadas nos levantamentos batimétricos linhas de verificação que transpassam as linhas regulares de sondagem ortogonalmente, com o objetivo de se obter um segundo conjunto de observações através da mesma embarcação de sondagem. Na confluência entre os perfis longitudinais e transversais, é estabelecido um raio de busca onde a diferença entre as profundidades reduzidas das linhas de verificação e linhas regulares de sondagem deveriam ser nulas. Por meio desta diferença, são obtidos índices estatísticos fundamentados no desvio padrão das diferenças entre as profundidades (σ_{erro}), fração dependente da profundidade, e na média das diferenças entre as profundidades ($\sigma_{média}$), fração que não depende das profundidades. Através destes valores, também é viável o cálculo da estimativa do IVT_{LV}^{20} , ao nível de confiança de 95%, por meio da Equação 5, indicada por Ramos (2007):

$$IVT_{LV} = 1,96 \sqrt{\sigma_{erro}^2 + \sigma_{média}^2} \quad (5)$$

É fundamental uma quantidade apropriada de intersecções para uma análise correta da precisão do levantamento (RAMOS, 2007). É sugerida pela DHN que a avaliação das linhas de verificação seja feita com o objetivo de se encontrar erros grosseiros e sistemáticos que possam ser provenientes dos sistemas de posicionamento, sondagem ou processo de redução do nível d'água (BRASIL, 2011).

4.2 Fotogrametria

Segundo Wolf e Dewitt (2004), a Fotogrametria pode ser definida como a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informações confiáveis de objetos e ambientes, através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens. Como forma de expandir o conceito e reforçar o objetivo principal da fotogrametria, Coelho e Brito (2007) afirma que a Fotogrametria consiste na ciência e na tecnologia de reconstrução do espaço tridimensional, utilizando imagens de duas dimensões, oriundas da gravação de padrões eletromagnéticos, não existindo contato físico direto entre o sensor e o objeto imageado.

4.2.1 Aeronave Remotamente Pilotada

As ARP's, popularmente conhecidas como “drones”, surgiram como ferramenta militar, tendo seu uso propagado após a Guerra do Golfo, em 1990, no Oriente-Médio (BLYENBURGH, 1999).

Com baixo custo de obtenção, e facilidade no manuseio, o uso de RPA tem crescido significativamente principalmente entre civis, crescimento este fundamentado pela variabilidade de aplicações e usos que uma aeronave remotamente pilotada pode oferecer.

Atualmente, esses veículos têm sido comumente utilizados na área das geotecnologias, uso que pode ser explicado pelo imageamento de pequenas áreas com alta resolução espacial e maior facilidade de revisitas (NEBIKER *et al.*, 2008).

É importante salientar a complexidade do espaço aéreo, visto que cada país tem seus sistemas de aviação bem definidos para atender às suas necessidades de um modo seguro e eficiente (LOPES; SOARES, 2017). Desta forma, estudos voltados à segurança para a integração das RPAs ao espaço aéreo, fundamentaram a criação da legislação para o uso de aeronaves não tripuladas para operações civis, que foi regulamentada pela ANAC (Agência Nacional de Aviação Civil), DECEA (Departamento de Controle do Espaço) e a ANATEL (Agência Nacional de Telecomunicação) (ANAC, 2017).

4.2.2 Legislação de ARP

As diretrizes para uso de ARP se alteram conforme o PMD (Peso Máximo de Decolagem) no momento da decolagem. Para cada categoria definida pela ANAC, são apresentadas regras específicas a serem seguidas. No Quadro 1 é representada a categorização feita pela ANAC de acordo com o peso máximo de decolagem da aeronave, no qual deve ser considerado os pesos da bateria ou combustível do equipamento e de carga eventualmente transportada. A classificação é aplicável apenas para ARP's, e não para aeromodelos. Quanto maior o peso da aeronave, maiores e mais rígidas serão as exigências impostas pela norma (ANAC, 2017).

Quadro 1 – Classificação das RPAs quanto ao PMD (Peso Máximo de Decolagem).

| Categorias | Classe 1 | Classe 2 | Classe 3 |
|--------------------------------|----------------------|----------------------------------|------------------|
| PMD (Peso Máximo de Decolagem) | PMD maior que 150 kg | PMD maior que 25 kg e até 150 kg | PMD de até 25 kg |

Fonte: Adaptado de ANAC (2017).

Utilizando a RPA Phantom 4, aeronave comumente utilizada para várias aplicações, como exemplo, pode se classificar como Classe 3, classe que determina ser necessário:

- Ter no mínimo 18 anos de idade para pilotar ou para auxiliar na operação;
- Possuir seguro com cobertura de danos a terceiros;
- Realizar uma avaliação de risco operacional (IS-ANAC n° E94-003);
- Operar apenas em áreas distantes de terceiros (no mínimo 30 metros horizontais). Essa restrição está dispensada caso haja anuência das pessoas próximas à operação ou exista uma barreira mecânica capaz de isolar e proteger as pessoas não envolvidas e não anuentes com a operação;
- Operar apenas um único sistema de ARP por vez;
- É possível trocar o piloto remoto em comando durante a operação;

- As operações só poderão ser iniciadas se houver autonomia suficiente da aeronave para realizar o voo e para pousar em segurança no local previsto, levando-se em conta as condições meteorológicas conhecidas;
- Cadastrar cada equipamento no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) da ANAC;
- Fixar a identificação (número obtido no processo de cadastramento) do equipamento em local visível na aeronave e com material não inflamável;
- Portar o comprovante do cadastro junto à ANAC, do seguro e da avaliação de risco e o manual de voo do equipamento;
- Não é permitido operar drones sob efeito de substâncias psicoativas e todos os operadores estão sujeitos às regras quanto ao uso de álcool e de drogas constantes do item 91.17 do Regulamento Brasileiro de Homologação Aeronáutica (RBHA 91/2003).

Em caso de infrações ou não cumprimento das normas, o responsável estará sujeito a penalização, de acordo com o descrito no Código Brasileiro de Aeronáutica (ANAC, 2017).

4.2.3 ARP aplicado à Análise Ambiental

A utilização de aeronaves remotamente pilotadas no monitoramento ambiental trouxe potencialidades à forma de obtenção de dados e nos métodos de prevenção contra incidentes de risco ao meio ambiente. Hoje, a utilização desta tecnologia tem sido cada vez mais usual no âmbito de engenharias e áreas de planejamento urbano e ambiental, como por exemplo obras rodoviárias, dutos, áreas de reflorestamento, no controle de uso e ocupação do solo, monitoramento de risco, planejamento de redes elétricas e em estudos ambientais (XAVIER, 2013).

Para Longhitano (2010), dentre as diversas aplicações do uso de ARP's na análise ambiental, a utilização durante o terremoto no Haiti, ocorrido em 12 de janeiro de 2010 ganhou posição de destaque. Neste caso o objetivo principal foi mensurar o deslocamento da superfície terrestre. Outro fato de grandes proporções em que se teve a utilização de ARP's foi o incidente com a base de extração de petróleo da empresa BP (*British Petroleum*). Este acidente ocorreu no dia 20 de abril de 2010, no golfo do México.

No Brasil, os Municípios de Petrópolis, Nova Friburgo e Teresópolis passaram por intensas chuvas que causaram desmoronamentos em vários locais, o que desencadeou no

soterramento de casas e conseqüente perda de vidas. Este evento desconfigurou parcialmente os três municípios. Horas após o ocorrido, a defesa civil enviou apoio, tendo como ferramenta principal de dimensionamento da tragédia um veículo aéreo não tripulado, o qual concedeu base para o levantamento das áreas mais atingidas pelo desastre, realizando a delimitação das frações mais populosas como critério de preferência na busca por vítimas (DGDEC, 2012).

4.3 Áreas de Preservação Permanente

Desde séculos atrás, a sociedade sempre idealizou uma natureza com vasta quantidade de recursos naturais, ao ponto de se acreditar que estas riquezas não teriam um fim. Esta ideologia afastou cada vez mais a ideia de necessidade de preservação destes recursos. O meio ambiente ocupava uma posição de baixo valor na escala de importância e prioridades, sendo considerado como bem gratuito que não adentrava na contabilidade econômica, mesmo sendo utilizado nas etapas de produção de bens e na prestação de serviços (BENAKOUCHE e CRUZ, 1994).

Dentro destas circunstâncias, ficou explícita a necessidade de se conceder relevância aos recursos oriundos do meio ambiente, com o objetivo de se evitar o uso demasiado destes recursos ambientais e sua depreciação em larga escala. A atribuição de valor econômico às questões ambientais se tornou ferramenta fundamental ao progresso das bases econômicas para a constituição de políticas ambientais (MAIA, 2002).

A proposta de se preservar áreas de importância ambiental e áreas de representatividade de um ecossistema natural de um dado ambiente dentro do território nacional, surgiu desde a criação do Código Florestal de 1934 (BRASIL, 1934). Com a Medida Provisória (MP) 2.166-67 de 2001 (medida esta motivada por pressões e divergências), estas áreas de importância ambiental passaram a ser denominadas “Áreas de Preservação Permanente” (APP) e “Áreas de Reserva Legal” (BRASIL, 2001).

As Áreas de Preservação Permanente, consideradas hoje um tipo de floresta de proteção, requerem um olhar atento, visto a importância de suas funções na oferta de serviços ambientais para a comunidade. Localizadas em encostas, borda de rios e serras, estas áreas são protegidas pelo Código Florestal (BRASIL, 1965). Dentro destas áreas, a exploração de recursos naturais é expressamente proibida. De modo geral, as APPs, cobertas ou não por vegetação nativa, tem o papel de preservar os recursos hídricos, a biodiversidade local, a estabilidade geológica, a fauna e a flora, proteger o solo e trazer comodidade à sociedade (MATTOS et al., 2007).

4.3.1 *Lei N° 12.651*

A Lei Federal N° 12.651, de 25 de maio de 2012, Art 5º, § 2º, conhecida como Novo Código Florestal, trata do Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno de Reservatório Artificial. Para os empreendimentos licitados a partir da vigência desta Lei, este documento deverá ser apresentado ao órgão ambiental concomitantemente com o Plano Básico Ambiental e aprovado até o início da operação do empreendimento, não constituindo a sua ausência impedimento para a expedição da licença de instalação (BRASIL, 2012).

Ainda na Lei N° 12.651, no Art. 62º, é disposto que para os reservatórios artificiais de água destinados à geração de energia ou abastecimento público, que foram registrados ou tiveram seus contratos de concessão ou autorização assinados anteriormente à Medida Provisória n° 2.166-67, de 24 de agosto de 2001, a faixa da Área de Preservação Permanente será a distância entre o nível máximo operativo normal e a cota máxima (BRASIL, 2012).

4.3.2 *Lei N° 12.727*

A Lei Federal N° 12.727 de 17 de outubro de 2012, Art. 5º, discorre sobre a implantação de reservatório artificial destinado à geração de energia ou abastecimento público, estabelecendo a obrigatoriedade de aquisição, desapropriação ou instituição de servidão administrativa pelo empreendedor das Áreas de Preservação Permanente criadas no entorno, conforme estabelecido no licenciamento ambiental, considerando-se a faixa mínima de trinta metros e máxima de cem metros em área rural, e faixa mínima de quinze metros e máxima de cem metros em área urbanizada (BRASIL, 2012).

Deverá também ser apresentado no âmbito do licenciamento ambiental, o “Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório”, não podendo seu uso exceder a dez por cento do total da Área de Preservação Permanente, conforme redigido no parágrafo primeiro (BRASIL, 2012).

4.3.3 *Lei N° 20.922*

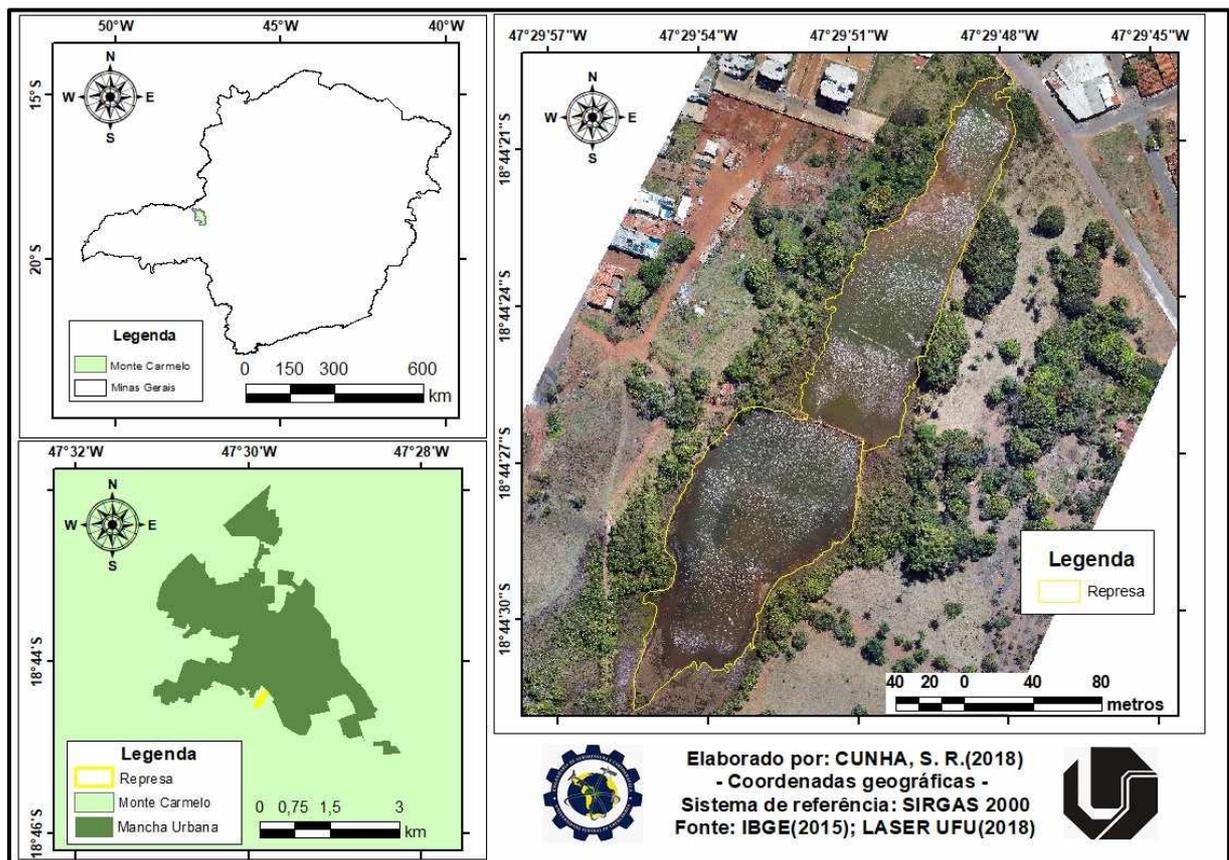
A Lei Estadual N° 20.922, de 16 de outubro de 2013, Art 9º, parágrafo quarto, pondera que no entorno dos reservatórios artificiais situados em áreas urbanas, a APP será de 15 metros, salvo regulamentação de lei municipal (BRASIL, 2013).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Área de estudo

A área definida para o estudo está localizada dentro da região urbana do município de Monte Carmelo, nas imediações do limite entre os bairros Montreal e Batuque Novo. A represa está situada próxima às coordenadas geográficas $-18^{\circ}44'31,6''$ de latitude sul e $-47^{\circ}29'55,4''$ de longitude oeste, e é gerenciada pelo Departamento Municipal de Água e Esgoto (DMAE). Abrange uma área de aproximadamente 23.025,9 metros quadrados (m^2), onde todo o volume hídrico do corpo d'água é utilizado no abastecimento público do município.

Figura 4 – Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: O autor.

5.2 Material

Este trabalho apresenta quatro etapas de desenvolvimento: etapa de planejamento, levantamento de dados, processamento dos dados e análise. Desta forma, são apresentados

abaixo os materiais necessários para a execução de cada uma destas fases de elaboração do trabalho.

Materiais da etapa de planejamento:

- Notebook Dell Inspiron 15-5558, Intel Core i7, 8GB RAM, 4GB video, HD 1TB e sistema operacional Windows 10, 64 bits;
- Software Google Earth para o planejamento do levantamento dos pontos de apoio (levantamento geodésico);
- Software DroneDeploy para elaboração do plano de voo(levantamento aerofotogramétrico).

Materiais da etapa de levantamento de dados:

Levantamento aerofotogramétrico:

- Drone Phantom 4 Advanced, com autonomia de voo de aproximadamente 30 minutos, provido com câmara RGB de 20 megapixels e sistema GPS integrado;

Levantamento geodésico:

- Conjunto de receptores Promark 500, 200 e 100;
- GPS Garmin Map 78s.

Levantamento Batimétrico:

- Embarcação de sondagem;
- Ecobatímetro Hi-Target HD 380;
- GPS Outback S-lite;
- Bateria para alimentação do equipamento.

Materiais da etapa de processamento dos dados e análise:

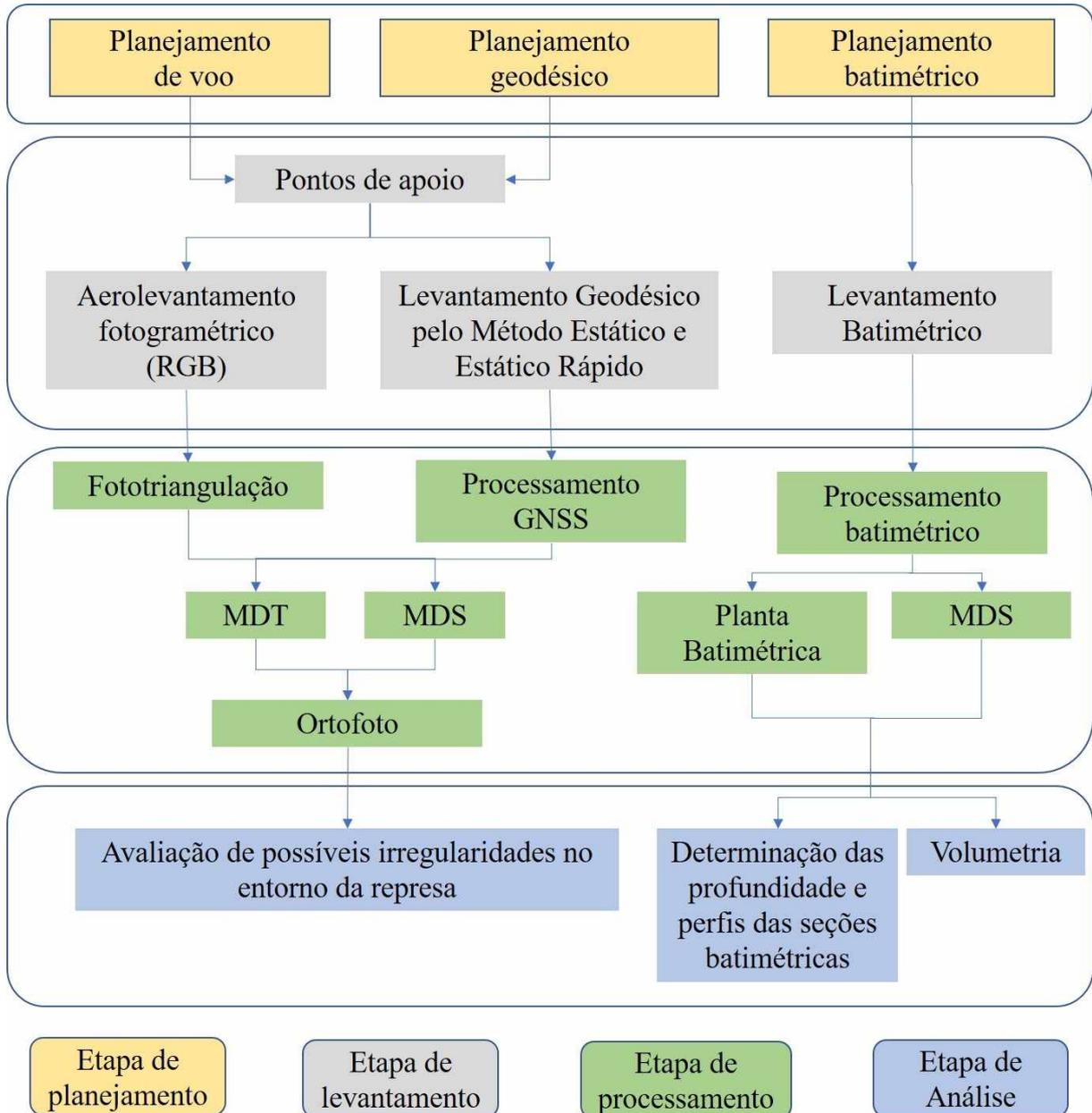
- Notebook Dell Inspiron 15-5558, Intel Core i7, 8GB RAM, 4GB video, HD 1TB e sistema operacional Windows 10, 64 bits;
- Software Pix4D para o processamento dos dados adquiridos na etapa de levantamento aerofotogramétrico;
- Software GNSS Solutions para o processamento dos dados levantados na etapa de levantamento geodésico;
- Software Hi -Target para calibração do sonar;
- Software ArcGIS para a elaboração de produtos cartográficos.

5.3 Metodologia

O processo metodológico a ser realizado é uma etapa fundamental para a compreensão e planejamento de todo projeto. Para que se tenha uma melhor esquematização das etapas, foi feito o fluxograma da metodologia, demonstrado na figura 5, com o objetivo de apresentar de forma ilustrativa e racional todo o processo de desenvolvimento do trabalho. Com isso, ele traz a funcionalidade de instrumento de planejamento, afim de facilitar o entendimento e direcionar todas as ações a serem realizadas.

As etapas foram divididas em 4 seções de trabalho, sendo estas: Planejamento, levantamento de dados, processamento dos dados e análise das informações obtidas.

Figura 5 – Fluxograma metodológico.



Fonte: O autor.

5.3.1 Planejamento de Voo

A etapa de planejamento de voo se caracteriza pelo estudo de elaboração do plano de execução do levantamento aerofotogramétrico. Nesta etapa, se fez necessária a utilização do *software Drone Deploy* para criação do plano de voo, através da introdução de parâmetros como quantidade de faixas, sobreposições lateral e longitudinal e altura de voo, essenciais para um

levantamento aerofotogramétrico de boa qualidade. A Tabela 2 traz os parâmetros do voo que será realizado na etapa de aerolevantamento fotogramétrico.

Tabela 2 – Parâmetros de entrada e seus respectivos valores utilizados no planejamento do levantamento aerofotogramétrico.

| Parâmetros | Valores |
|---------------------------|----------------|
| Altura de voo | 120 m |
| GSD | 5 cm |
| Quantidade total de fotos | 131 |
| Quantidade de faixas | 10 |
| Sobreposição longitudinal | 80% |
| Sobreposição lateral | 75% |
| Área imageada | 34,80 ha |
| Tempo de voo | 10:10 minutos |

Fonte: O autor.

Para este levantamento, é previsto uma altura de voo de 120 metros, para que se obtenha uma boa resolução espacial nas imagens levantadas, parâmetro que influencia diretamente na qualidade da ortofoto gerada. O GSD (*Ground Sample Distance*) do voo é de 4 centímetros. A sobreposição lateral e longitudinal é outro parâmetro que influencia diretamente na qualidade da ortofoto, e dos subprodutos MDT (Modelo Digital do Terreno) e MDS (Modelo Digital da Superfície), gerados a partir do processamento computacional. Os valores de sobreposição longitudinal e lateral, serão de 80% e 75%, afim de que se consiga gerar o MDT e o MDS de boa qualidade da área de estudo.

Variáveis naturais, como incidência de luz solar e vento, podem trazer prejuízos ao levantamento. Por isso, é de suma importância que seja realizado o voo no período em que o sol estiver em posição zenital, ou próximo do zênite, para que a sombra não interfira na qualidade das imagens levantadas. Quanto à influência do vento, é necessário que se tenha o mínimo possível, visto que o equipamento utilizado para obtenção das imagens, é uma ARP de pequeno porte, facilmente deslocada quando em voo.

5.3.2 Planejamento Geodésico

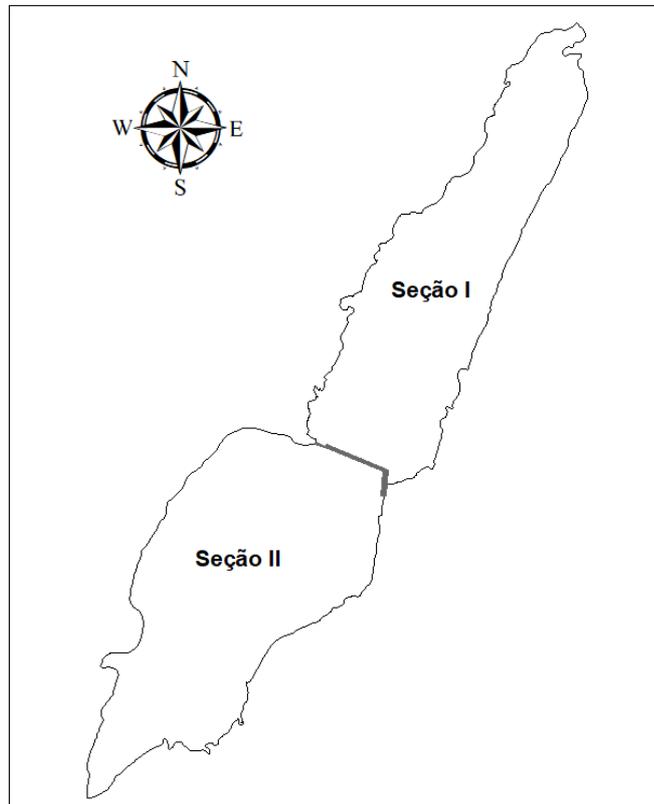
Na etapa de planejamento geodésico, foi definida a quantidade e a disposição dos pontos de apoio a serem levantados no trabalho. Os mesmos, serão organizados de modo a estruturar uma qualidade posicional da ortofoto dentro do que é estabelecido como padrão de qualidade. Para isto, a utilização do *software Google Earth* se faz necessária para visualização e análise da área de estudo, afim de que seja planejado e realizado um levantamento de boa qualidade posicional e de eficiência operacional.

Os alvos a serem utilizados serão rastreados a partir do método de posicionamento geodésico relativo, estático e estático rápido. De maneira simplificada, este método consiste na utilização de um receptor base, que realizará o posicionamento estático, onde permanece instalado em uma única posição enquanto o outro receptor, móvel, transita por entre os pontos de coordenadas desejadas. Em virtude da existência da base RBMC, localizada nas coordenadas - 18° 43' 26,77271" sul e - 47° 31' 25,66202" oeste, no município de Monte Carmelo, no campus da Universidade Federal de Uberlândia, unidade Araras, o tempo de coleta poderá ser de até vinte minutos, visto que as linhas base não excedem o raio de 10 km, sendo o tempo suficiente para que a precisão posicional desejada possa ser alcançada.

5.3.3 Planejamento Batimétrico

Primordialmente, foram analisadas a qualidade e precisão dos produtos cartográficos que se deseja obter com este estudo. A DHN estabelece que o erro gráfico máximo permitido na carta náutica é de 0,2 mm e que a escala de execução do levantamento nunca deve ser inferior à escala em que será elaborada a carta náutica. Dentro da precisão possibilitada pelo ecobatímetro e pelo receptor, foi definida uma escala de trabalho de 1/500, visando o erro máximo aproximado de 10 cm (centímetros). Devido à presença de uma estrutura de barramento na represa, dividiu-se o corpo d'água em duas seções, nomeadas Seção I e Seção II, como pode ser observado na Figura 6.

Figura 6 – Croqui de seccionamento do levantamento batimétrico.



Fonte: O autor.

Com os limites do represamento definidos, foram planejadas linhas de sondagem regulares e de verificação. O afastamento entre as linhas regulares de sondagem, segundo as normas da IHO, se altera de acordo com a ordem do levantamento e são detalhadas na Publicação Especial nº 44 da IHO (IHO, 2008). O anexo A, mostra as informações relacionadas a essas especificações. Contudo, analisando as ordens: “Especial” e “1” não se aplicam aos levantamentos realizados com ecobatímetros monofeixe, visto que requerem a busca total do fundo. Com isso, este trabalho poderia ser classificado como ordem “1b” ou “2” (FERREIRA, 2013). Entretanto, o espaçamento máximo recomendado para estas ordens não se aplicam a esta área de estudo.

Se fosse utilizado, por exemplo, a ordem “1b”, mais rigorosa que a ordem “2”, o afastamento entre as linhas regulares de sondagem seria em torno de 12 metros, um espaçamento inviável a esta área de estudo, devido às suas dimensões.

Desta forma, foi decidido, com o intuito de coletar um maior número de dados, reduzir este espaçamento entre as linhas, conforme recomendado por Martini (2007). Deste modo, as linhas regulares de sondagem, foram projetadas perpendicularmente às margens da represa.

Seguindo a norma geral da DHN, o afastamento entre elas deve ser de no máximo 10 mm na escala do levantamento. Para a escala utilizada neste levantamento, tem-se o afastamento de 5 metros entre as linhas. Contudo, a fim de se evitar o acontecimento de feriados, adota-se um valor de segurança para as linhas de sondagem regulares de 4,5 metros, visto que a tolerância adotada para feriados é de 1 milímetro, equivalente a 0,5 metros na escala definida para a realização deste levantamento (IHO, 2008; FERREIRA, 2013).

Outrora, as linhas de verificação são utilizadas para estimativa de precisão do levantamento batimétrico. O planejamento será feito de modo que cruzem ortogonalmente as linhas regulares de sondagem. O espaçamento existente entre uma linha e outra deve ser de no máximo 15 vezes o intervalo adotado para as linhas regulares de sondagem na escala do levantamento, conforme normas da DHN. Para a escala de trabalho definida, o espaçamento entre as linhas de verificação será de 75 metros. Todavia, devido à proporção da área de estudo e visando uma maior quantidade de intersecções para uma análise mais detalhada do levantamento, optou-se por um afastamento de 10 metros (IHO, 2008; FERREIRA, 2013).

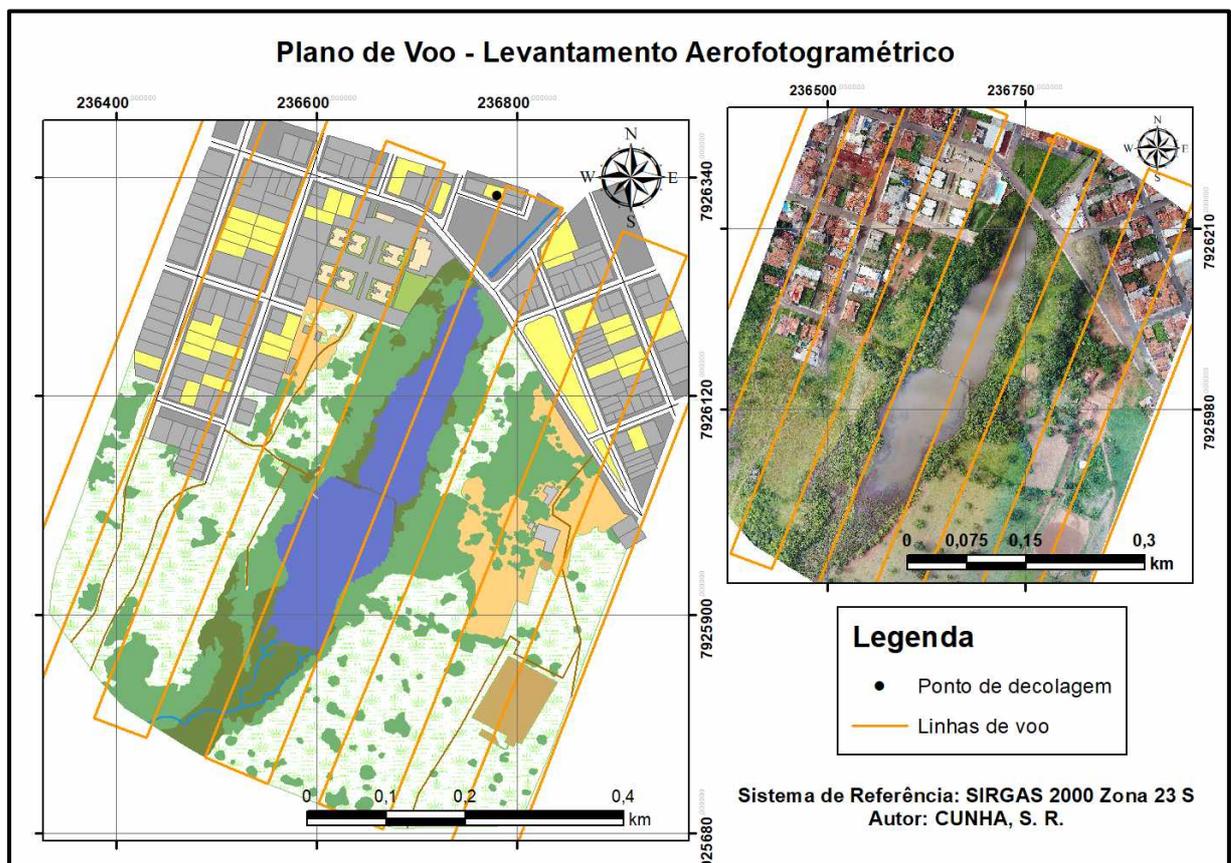
6 AQUISIÇÃO DOS DADOS

6.1 Levantamento aerofotogramétrico

O processo de aquisição de imagens aéreas foi realizado conforme o planejado. O voo foi executado de forma automática, por meio do aplicativo Drone Deploy, seguindo o plano de voo projetado para este trabalho.

Vale ressaltar, que variáveis como condições climáticas, local de decolagem e a qualidade dos acessórios utilizados na sincronização entre a aeronave remotamente pilotada e a central de comando do mesmo, são fatores determinantes na qualidade dos resultados obtidos. Dentro disso o processo de levantamento sucedeu conforme os parâmetros já definidos, e o caminho conforme o observado na figura 7.

Figura 7 – Plano de voo executado para levantamento aerofotogramétrico.



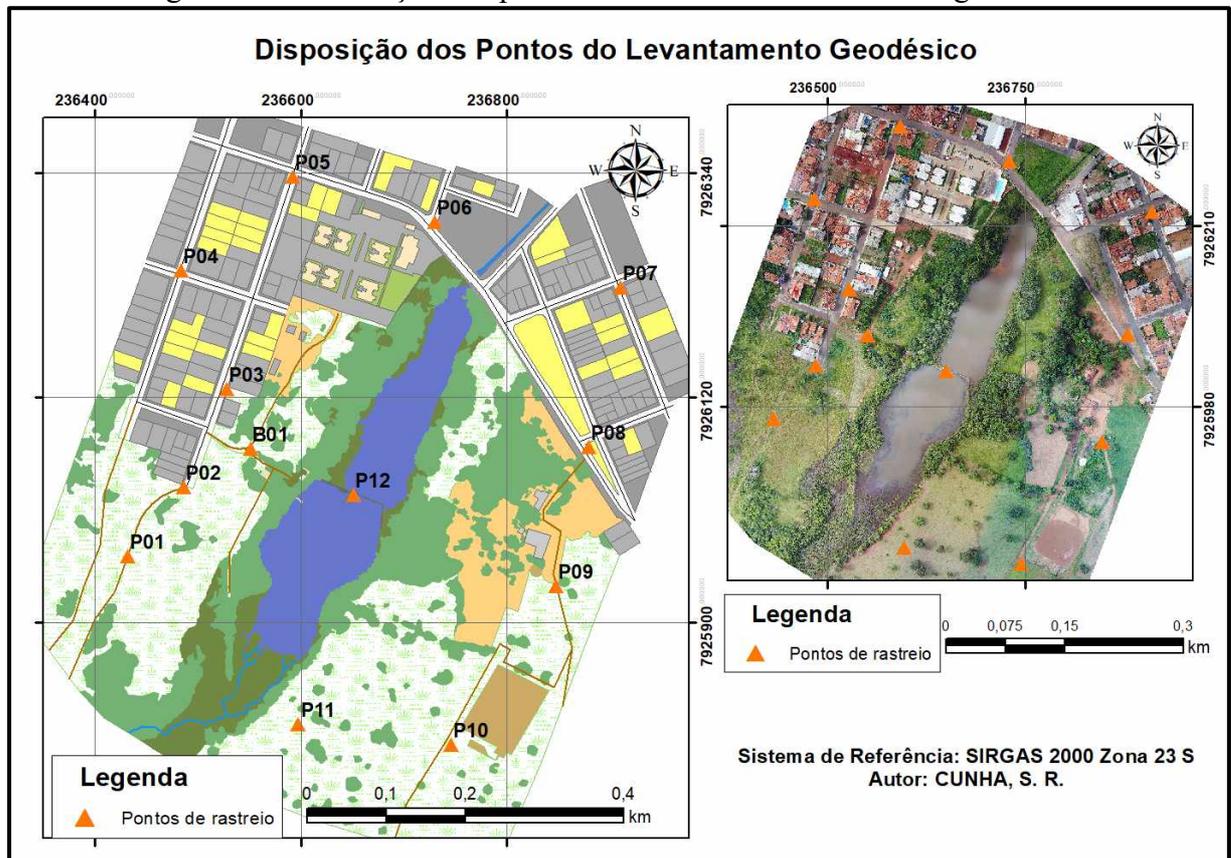
Fonte: O autor.

6.2 Levantamento Geodésico

O processo se deu através do método estático rápido, visto a proximidade da área de estudo com a RBMC mais próxima, localizada na Universidade Federal de Uberlândia campus

Monte Carmelo, com uma linha de base entre os dois pontos menor do que 10 quilômetros. Dentro disso, foi instaurada uma base com o uso do equipamento Promark 500, com período de rastreamento de 2 horas e 40 minutos, e fez-se o uso de um receptor Promark 100 e de um Promark 200 como *rovers*, com o levantamento de um total de 12 pontos, com tempo de ocupação de 8 minutos, taxa de coleta de dados de 15 segundos e máscara de elevação de 10 graus, o suficiente para que se tenha um levantamento de boa qualidade posicional. Os pontos foram dispostos conforme o mapa representado na figura 8. Os pontos 01, 11 e 07 estão representados respectivamente por A, B e C na figura 9.

Figura 8 – Distribuição dos pontos rastreados no levantamento geodésico.



Fonte: O autor.

Figura 9 – Pontos de rastreamento de dados durante levantamento geodésico.



Fonte: O autor.

O processamento dos dados levantados em campo foi feito utilizando o software GNSS Solutions, disponibilizado pelo laboratório LTGEO, da Universidade Federal de Uberlândia. O processamento da base local foi feita em relação a RBMC, e os rovers processados em relação a base local do levantamento.

6.3 Levantamento batimétrico

6.3.1 Execução do levantamento batimétrico

O levantamento batimétrico foi realizado através da utilização de uma estação móvel, composta por uma embarcação de sondagem, ecobatímetro Hi-Target HD-380, GPS Outback S-lite e antena para recepção do sinal, bateria para alimentação dos equipamentos e suporte adaptado para fixar e imobilizar o transdutor e a antena em mesma vertical na embarcação.

A utilização do ecobatímetro HD-380 possibilita leituras digitais de profundidade que atendem as exigências de precisão recomendadas pela DHN para levantamentos hidrográficos realizados com ecobatímetros monofeixe.

Para se obter as profundidades através do ecobatímetro, é feita a soma do valor de imersão do transdutor aos valores de sondagem. Este valor de imersão é conhecido como “draft”, que é manipulado conforme a montagem do equipamento na estação móvel e o peso no interior da embarcação. Para obtenção do valor de “draft”, é necessário que toda a equipe do levantamento (timoeiro, operador do equipamento e auxiliar) e toda a instrumentação a ser utilizada estejam embarcados, conforme organização na embarcação no momento das sondagens. Para este levantamento, o valor do “draft” utilizado foi de 9 centímetros.

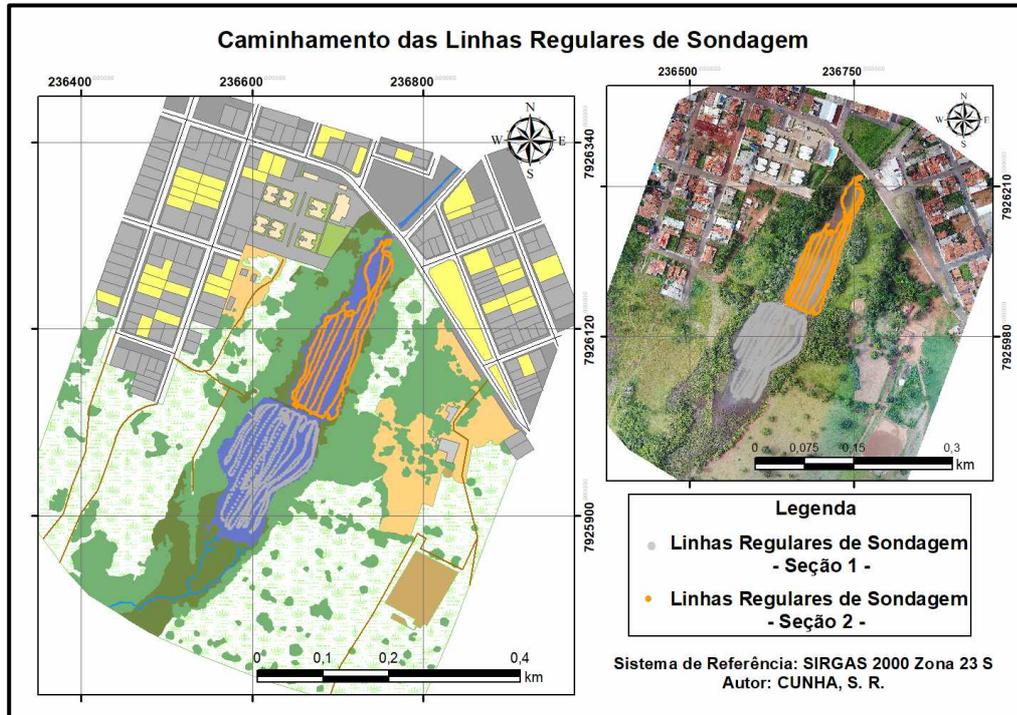
Outro importante fator a ser observado, é o processo de calibração. Ele consiste na obtenção da profundidade de determinado ponto através de uma mira topográfica, e consequente manipulação da frequência de pulso do ecobatímetro para que se obtenha a mesma profundidade no ecobatímetro e na mira topográfica.

O sistema de posicionamento e o ecobatímetro foram interligados através do software NAV370, da própria Hi-Target, já vinculado ao ecobatímetro, registrando em tempo real o posicionamento planimétrico e a sondagem a uma taxa de coleta de 3 segundos. Importante ressaltar que o software gera uma simulação visual de navegação em tempo real, baseado no posicionamento obtido pelo DGPS, o que viabiliza a manutenção da embarcação de sondagem ao longo das linhas planejadas e a detecção de afastamentos da embarcação em relação as linhas planejadas, evitando assim o acontecimento de feriados.

O levantamento aconteceu conforme o planejamento batimétrico. O espaçamento entre as linhas regulares de sondagem foi de 4 metros, e o espaçamento entre as linhas de verificação de 10 metros. Dentro disso, se viu dificuldades com o uso do ecobatímetro em regiões próximas a brejos, devido a quantidade de vegetação existente, e em regiões de assoreamento, como no caso do assoreamento principal observado na represa, devido a pequena lâmina de água existente na região assoreada. O caminhamento das sondagens

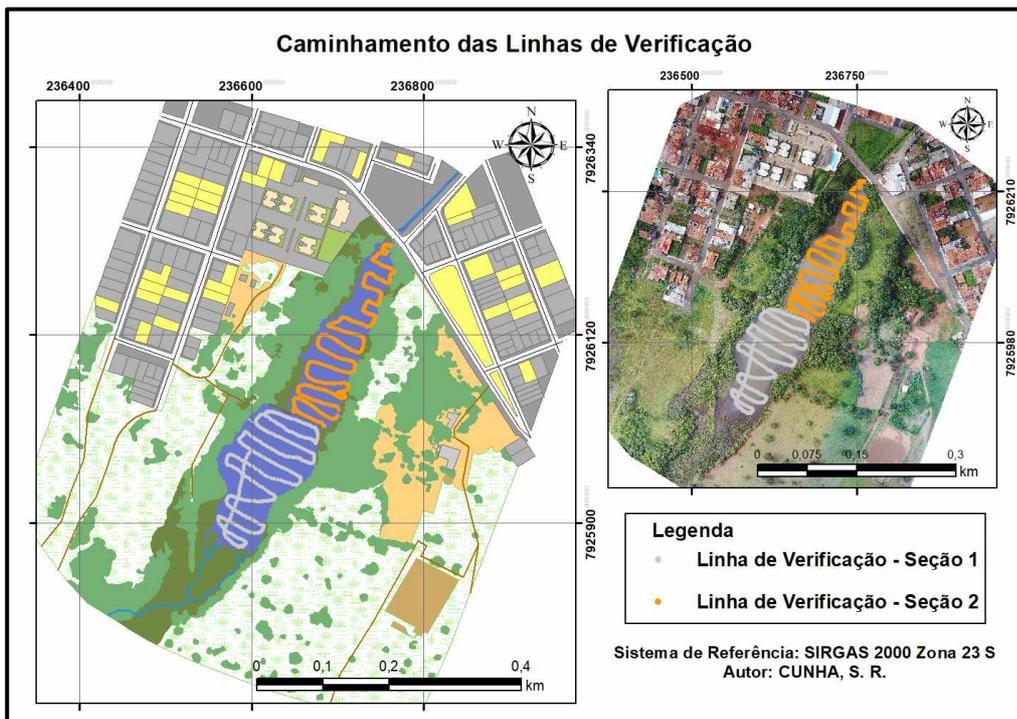
realizadas é demonstrada nas figuras 10 e 11. Na figura 12, registros realizados durante o levantamento.

Figura 10- Caminhamento obtido durante o levantamento das Linhas Regulares de Sondagem.



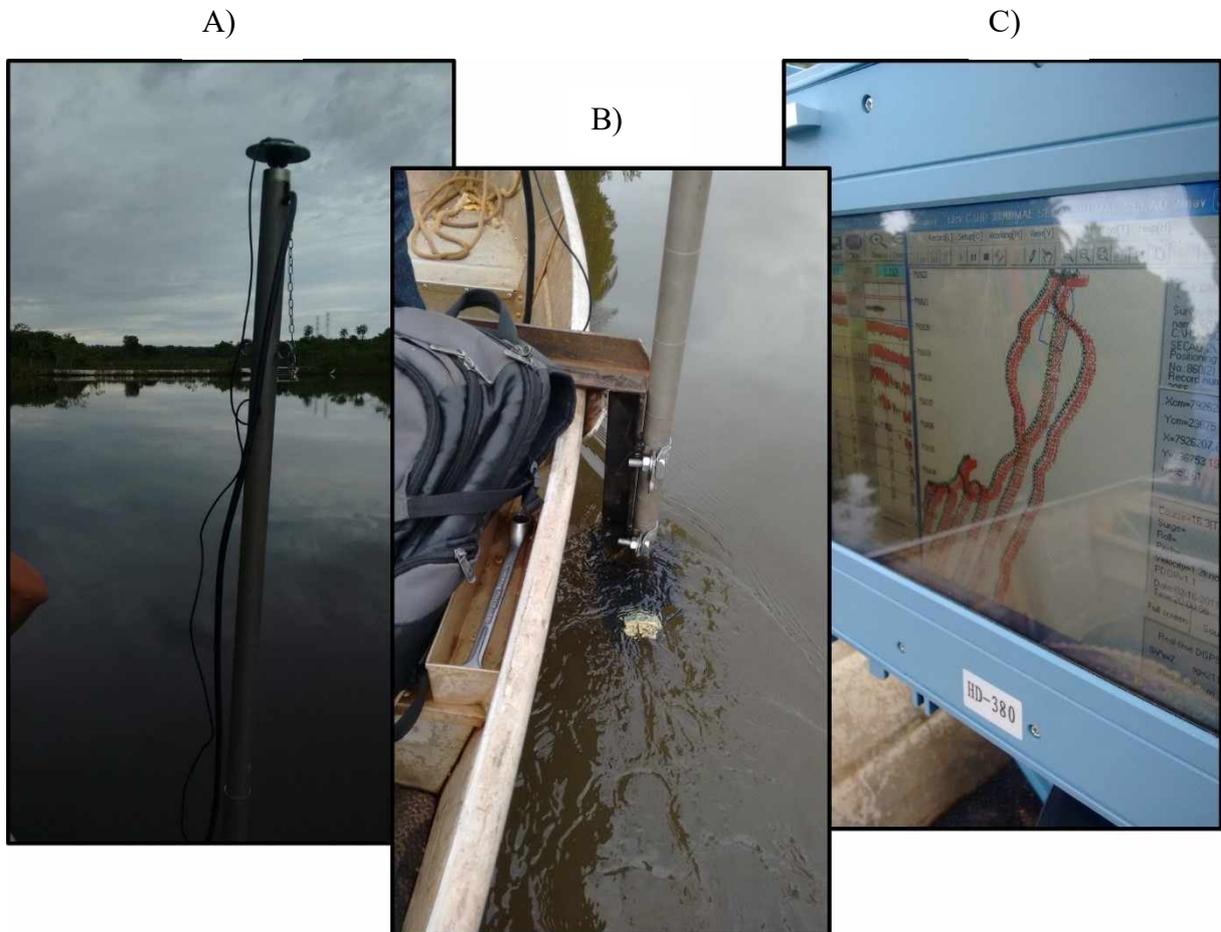
Fonte: O autor.

Figura 11 – Caminhamento obtido durante o levantamento das Linhas de Verificação.



Fonte: O autor.

Figura 12 – Em A, pode ser observado o bastão que foi utilizado como suporte para o transdutor e para a antena externa do GPS. Em B, o suporte fabricado especificamente para uso do ecobatímetro, e o transdutor, abaixo do nível da água. Na imagem C, a interface do software do ecobatímetro durante o levantamento.



Fonte: O autor.

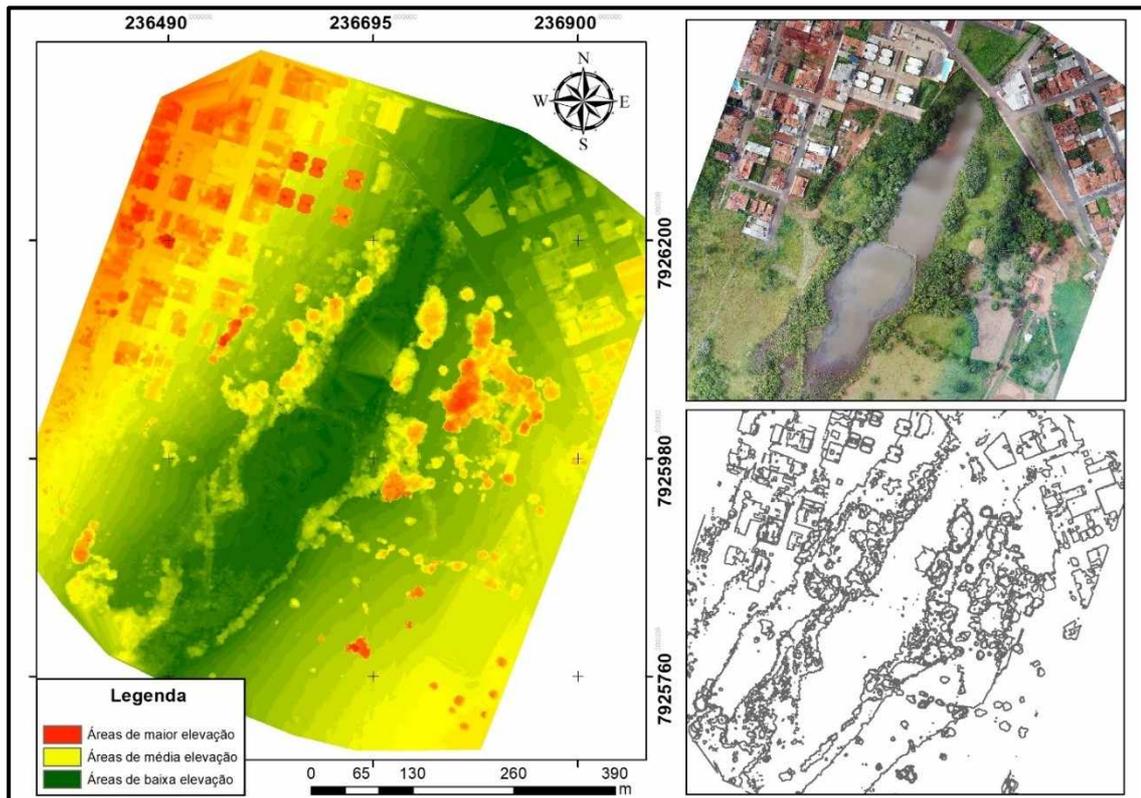
6.3.2 Processamento dos dados

Após o levantamento, os dados são armazenados na central do ecobatímetro em formato de texto. Para o uso e geração dos produtos batimétricos fez se necessário a manipulação dos dados brutos, extraindo outliers, dados coletados durante processo de parada da embarcação e dados oriundos em momentos de instabilidades da embarcação. Todo este processo foi feito através da utilização do software Excel e dos softwares da Hi-Target, já embutidos na central do ecobatímetro.

6.4 Geração da Ortofoto e do MDS

Para realização do pré-processamento digital das imagens obtidas através da ARP, foi utilizado o software PIX4D Mapper. Através dele foi gerado os dois produtos essenciais para a geração dos subprodutos deste trabalho: Ortofoto e o Modelo Digital da Superfície, representados na figura abaixo juntamente com as curvas de nível geradas para o intervalo de 5 metros.

Figura 13 – Modelo Digital de Superfície, Ortofoto e Curvas de Nível da área de estudo.



Fonte: O autor.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

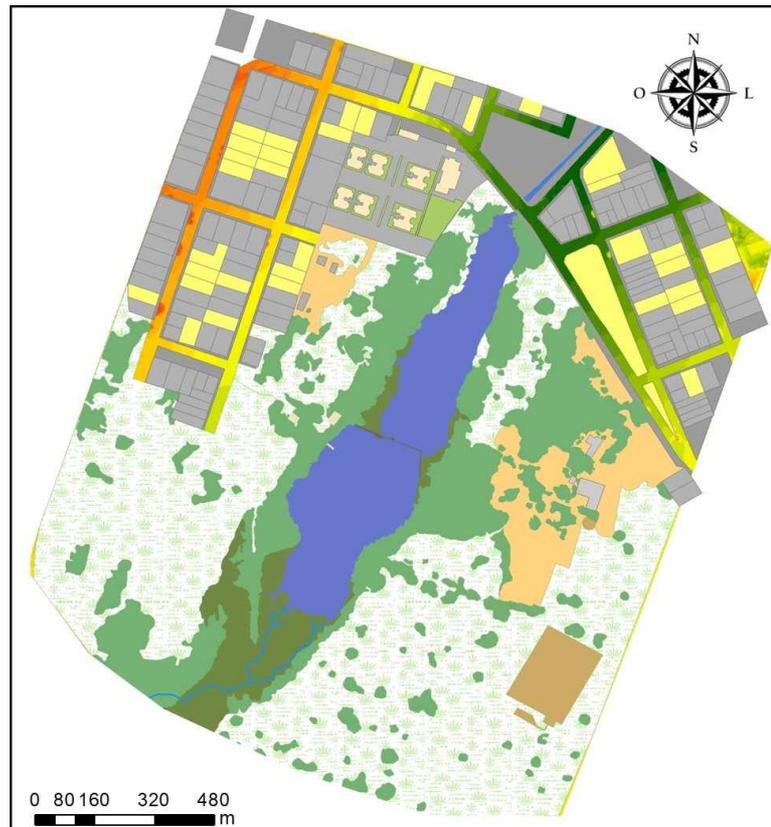
7.1 Sentido de escoamento das vias

O sentido de escoamento é um importante fator influenciador na área de estudo, em decorrência do fluxo de enxurradas em períodos de chuva. Segundo Araújo et al. (2000), a drenagem urbana tem sido desenvolvida com o objetivo de drenar a água das precipitações com a maior eficiência possível para jusante. Assim, o processo de escoamento superficial é acelerado, ocasionando enchentes, transporte de materiais (sedimentos, lixos e outros) e erosão nos corpos hídricos e no entorno do mesmo.

A análise foi feita utilizando o Modelo Digital de Superfície, a partir da classificação por declividade. Afim de que se obtivesse uma melhor visualização do fluxo de escoamento nas vias, foram adicionadas as camadas vetoriais primordialmente geradas para a elaboração do Mapa de Uso e Ocupação do Solo e sobrepostas ao MDS, com o objetivo de destacar a declividade da superfície nas vias pavimentadas.

A análise preliminar da sobreposição pode ser feita a partir da figura 14, e o sentido do escoamento de fluidos nas vias pavimentadas estão destacadas na figura 15.

Figura 14 – Sobreposição das camadas vetoriais sob o Modelo Digital de Superfície.

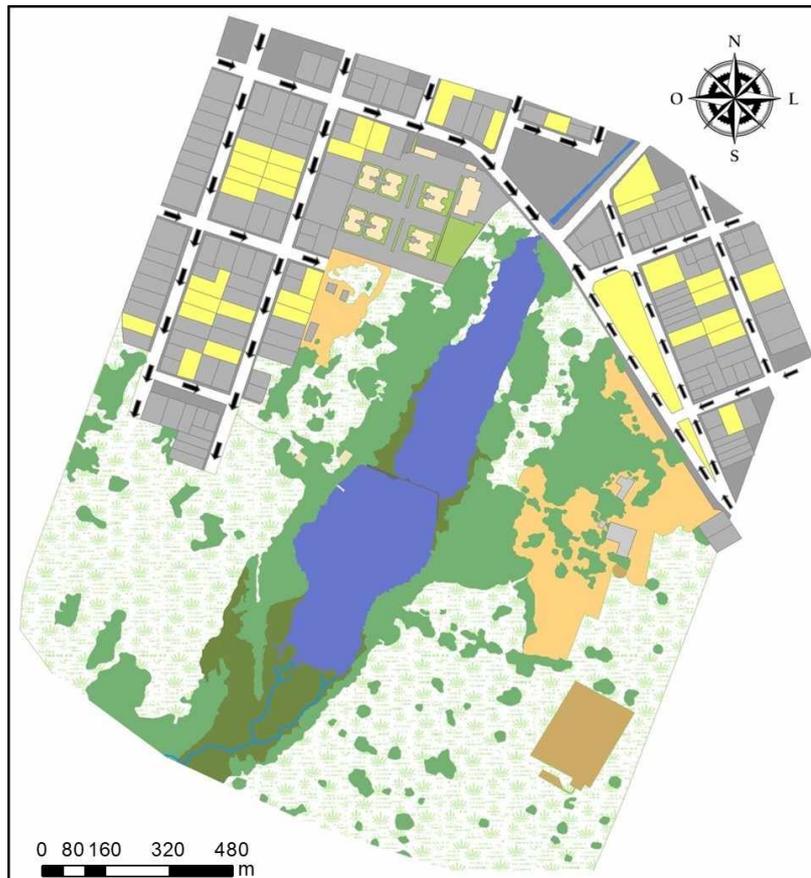


Fonte: O autor.

O que se pode observar é que a região se caracteriza por regiões de mais alta declividade no bairro Batuque, o qual o escoamento das vias José de Alencar, Professor Vicente Lopes Péres, Rua Carlos Teodoro Stein e Rua Monteiro Lobato é todo direcionado sentido sudoeste, o qual se chega em regiões de pastagem e vegetação rasteira, próximas ao entorno da Seção 1 da represa. Nesta região, em situações de precipitações com volumes suficientes para o ocasionamento de enxurradas, o transporte de sedimentos e lixo das ruas para o entorno é inevitável, principalmente na região classificada como brejo, que não tem proteção vegetal adequada referente ao estabelecido por lei.

Outro fator importante que pode ser analisado é o sentido de escoamento das ruas Matusalém Cardoso, Espanha, Inglaterra e Portugal. O relevo é configurado de maneira que todo o escoamento superficial destas vias seja direcionado para as proximidades do extremo da Seção 2 da represa e do curso d'água proveniente da represa. Desta maneira, em casos de precipitações com grande volume, o curso d'água terá um aumento considerável na vazão, advindo do aumento de volume da represa e do escoamento das vias, o que poderá trazer riscos de inundação nas proximidades.

Figura 15 - Sentido de escoamento de fluidos nas vias pavimentadas.



Fonte : O autor.

7.2 Análise das Áreas de Preservação Permanente e do Entorno

A vegetação é de suma importância para o controle e manejo ambiental de uma determinada região. Dentro disso, as leis surgem como formas de regulamentar o uso do solo e de toda exploração da biodiversidade nativa local.

A área de estudo do presente trabalho se caracteriza como uma região de grande importância ambiental para o município, se tratando como um dos principais corpos hídricos para uso no abastecimento hídrico municipal.

A partir dos levantamentos realizados e dos produtos gerados posteriormente, foi possível analisar a atual situação das APP's no entorno do corpo hídrico, tais como fatores de impacto na qualidade e na quantidade de água da represa e de variáveis de impacto no entorno do corpo hídrico.

7.2.1 Caracterização da área de estudo

Durante o reconhecimento da região e dos levantamentos realizados, foi verificada a presença de uma rica biodiversidade tanto da fauna quanto da flora. A presença de várias espécies de animais incluindo uma grande diversidade de pássaros, répteis, peixes, anfíbios e insetos torna ainda maior a responsabilidade de preservação e controle ambiental desta área.

A mata ciliar (observada na figura 16) é formada por vegetação nativa de médio e grande porte, porém o que se pode observar é que o processo de urbanização dessa região tem se aproximado cada vez mais do corpo d'água, o que coloca em risco a existência da biodiversidade local.

Figura 16 – Registro feito durante etapa de levantamento batimétrico. A área de estudo possui rica biodiversidade em fauna e flora, porém acúmulos de lixo em determinadas regiões no entorno trazem impacto negativo a toda a região de estudo.

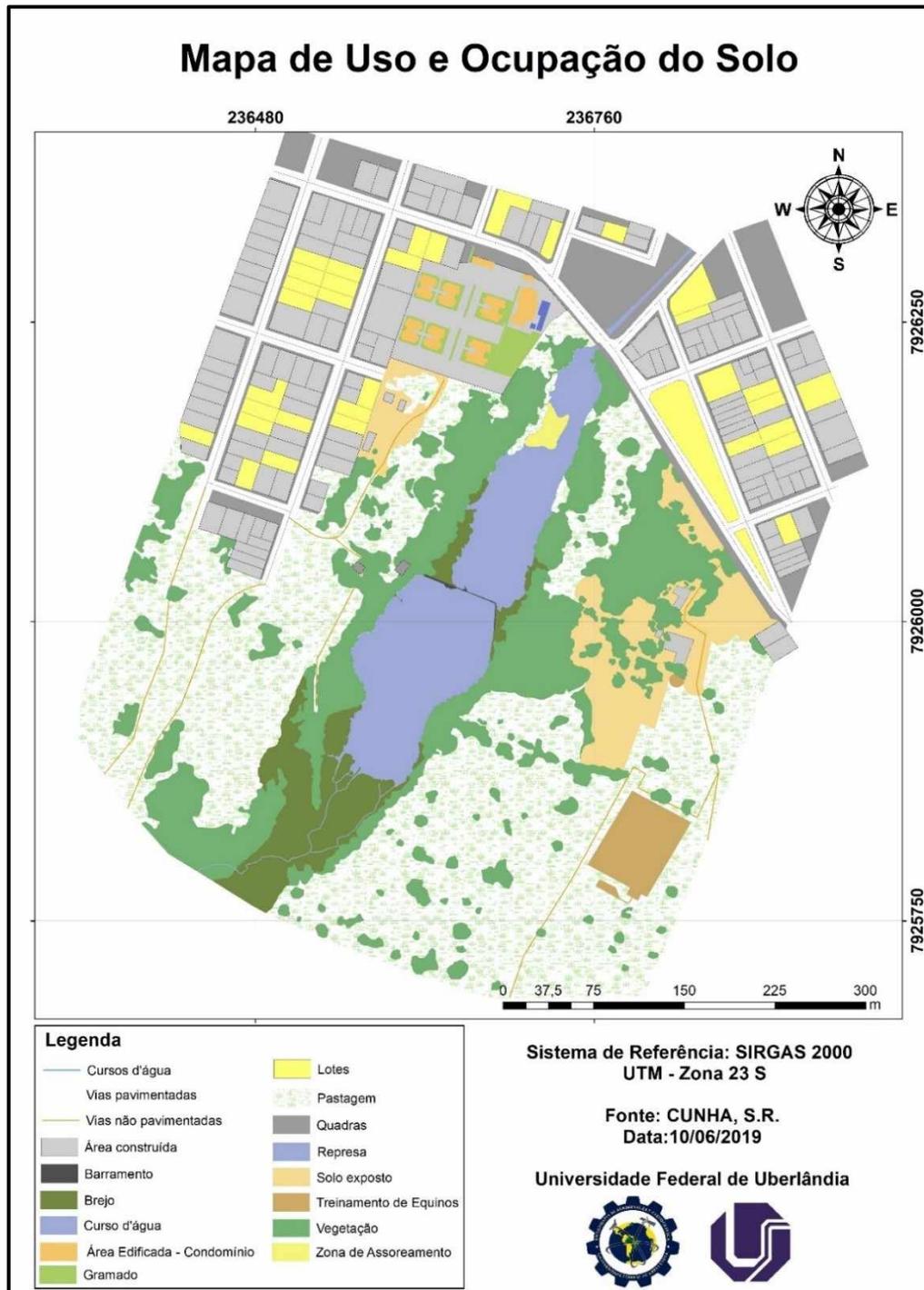


Fonte: O autor.

7.2.2 Mapa de Uso e Ocupação do Solo

A elaboração do Mapa de Uso e Ocupação é essencial para o estudo e reconhecimento da região. O mapa representado na figura 17, foi gerado com base na vetorização da ortofoto oriunda do levantamento aerofotogramétrico.

Figura 17 – Mapa de Uso e Cobertura da Terra da região de estudo.



Fonte: O autor.

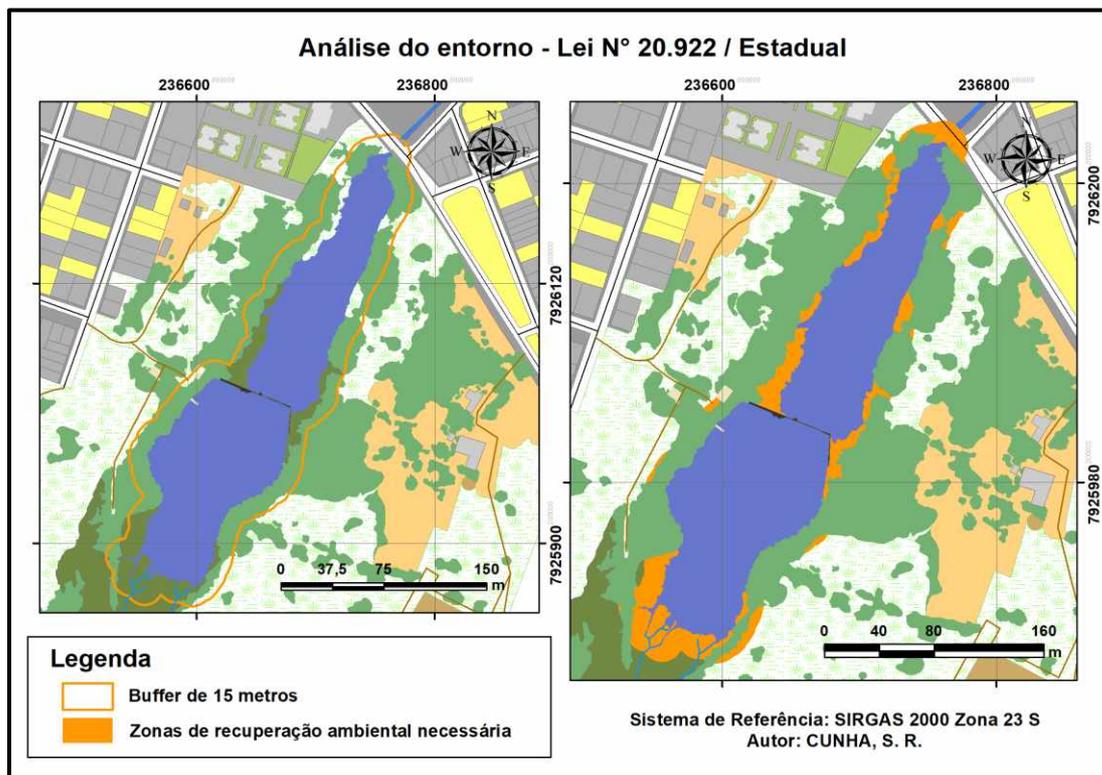
Como pode se observar na região mapeada, o processo de urbanização tem chegado cada vez mais próximo do corpo d'água. Ao lado, a presença de uma propriedade rural para treinamento de cavalos de raça, rodeada por casas, traz a perspectiva de que o processo de urbanização será inevitável para estas áreas dentro de alguns anos. Outro fato que chama a atenção é a área total de vegetação nativa na região de entorno, que totaliza uma área aproximada de 55.990 metros quadrados concentrada na área de mata ciliar e em áreas próximas à propriedade rural ao lado da represa.

7.2.3 Análise das APP's em relação ao previsto na Lei 20.922/Estadual

A Lei 20.922 é a lei vigente no município de Monte Carmelo, visto que o Plano Diretor Municipal não consta definição de parâmetros para Áreas de Preservação Permanente. Por lei, a delimitação das áreas de APP devem ser de 15 metros para reservatórios utilizados no abastecimento público.

A partir desse valor, foi gerado um buffer com distância fixa de 15 metros a partir do limite da represa, limite este definido a partir da cota máxima observado nas imagens orbitais, como pode ser observado na figura abaixo. Conhecendo a delimitação da região de APP, foi verificada as regiões que não estavam conforme definido em lei.

Figura 18 - Análise da área de estudo conforme Lei Estadual N° 20.922.



Fonte: O autor.

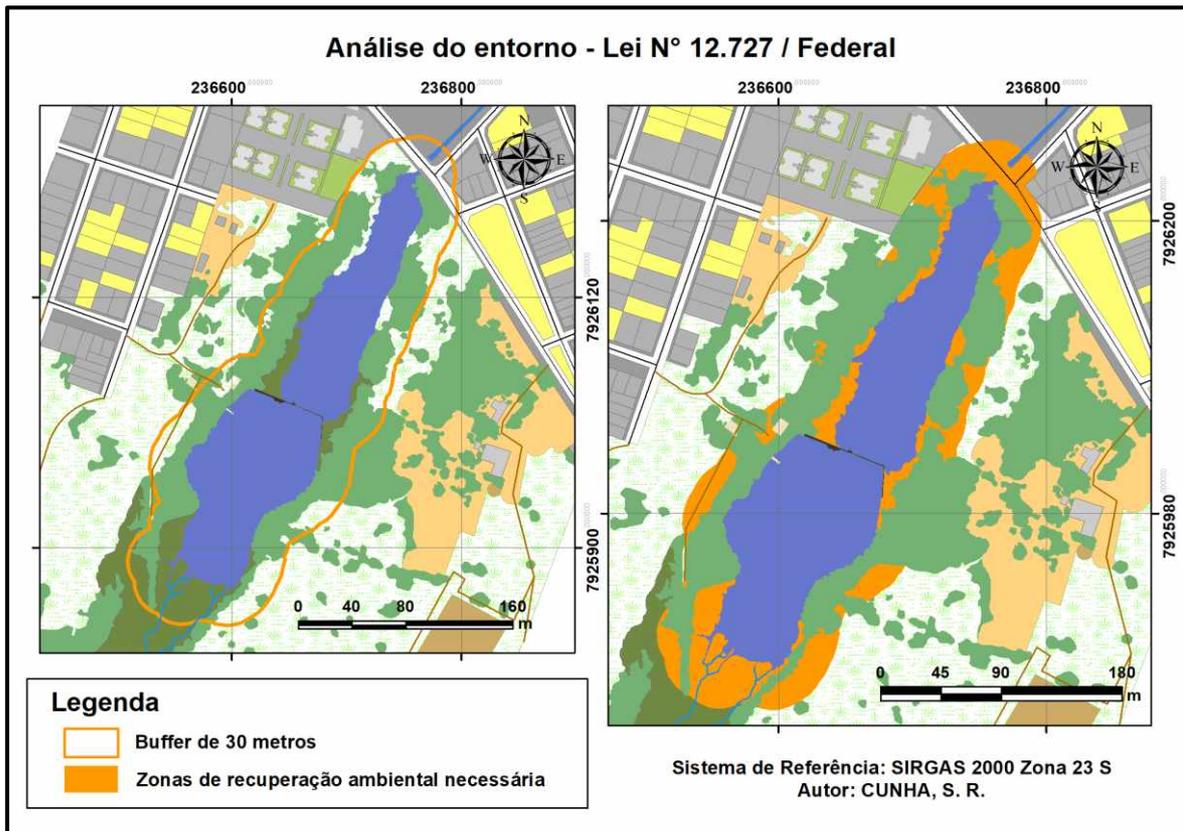
A região de recuperação ambiental necessária totalizou uma área aproximada de 7.184 metros quadrados. Às áreas com situações mais alarmantes estão localizadas nas extremidades de nascente e de foz do reservatório em estudo. Em regiões como a via pavimentada que passa próximo ao limite do corpo d'água, é de extrema importância que se tenha uma atenção especial, visto a fragilidade no controle de acúmulo de lixo e no transporte de resíduos que são trazidos pelas enxurradas em dias chuvosos.

7.2.4 Análise das APP's em relação ao previsto na Lei 12.727/ Federal

Visto tamanha importância da represa na gestão hídrica no município, foi discutida a possibilidade de uma expansão da área de preservação ambiental. Dentro disso, foi simulado o uso da Lei 12.727, Lei Federal que define as APP's de reservatórios de uso no abastecimento público na zona urbana como sendo uma faixa de 30 metros a partir dos limites do corpo hídrico.

A figura 19 traz a disposição dos elementos numa possível utilização da faixa de 30 metros de APP no entorno da represa. Alguns fatores chamam a atenção: O condomínio Morada do Lago foi construído de forma a respeitar uma faixa de 30 metros até o corpo hídrico. Portanto, em hipótese de expansão da APP nessa represa, o condomínio continuaria regular, respeitando a faixa definida por lei. Caso oposto a uma pequena fração de zona urbanizada sentido nordeste da represa, pertencente ao Bairro Montreal, o qual em caso de expansão, resultaria numa possível desapropriação de apenas um imóvel.

Figura 19 – Análise da área de estudo conforme a Lei Federal N° 12.727.



Fonte: O autor.

7.2.5 Zona de Assoreamento

Após as primeiras análises da área de estudo por imagens orbitais, foi verificada a presença de uma área de assoreamento, grave problema que atinge reservatórios e cursos d'água, diminuindo seu volume útil e seu potencial hídrico. Para que se obtivesse uma análise mais detalhada dessa região, foi utilizada a ortofoto gerada através do levantamento aerofotogramétrico. A área assoreada é de aproximadamente 604 metros quadrados, mensuração que foi realizada através de imagem orbital no período de seca, onde a zona assoreada fica exposta acima da linha da água. A delimitação da zona de assoreamento na área de estudo é representada na figura 20, imagem levantada através do uso de ARP no mês de fevereiro de 2019, para fins de análise para o estudo.

Figura 20 – Região de assoreamento no corpo hídrico em estudo.



Fonte: O autor.

Durante o período de levantamentos batimétricos na seção 2, foi verificada a inviabilidade técnica da batimetria nessa área, visto que a lâmina d'água não ultrapassou os 10 centímetros, medida esta registrada através do uso da mira topográfica. Outro fato que chamou a atenção nesta região, é a espessura da camada assoreada, caracterizada por uma lama pouco densa. Com o uso da mira topográfica, registrou-se uma espessura de aproximadamente 1,79 metros de lama até que fosse atingido o solo firme no fundo da represa.

A análise temporal através de imagens orbitais foi feita utilizando a série histórica disponibilizada através do software Google Earth. A análise foi limitada a uma série de 12 anos, devida a própria limitação de disponibilidade de imagens da região do software.

Através da análise, foi constatada uma expansão de 7,04% da área de assoreamento, num período de 12 anos. Uma porcentagem que deixa claro que o assoreamento analisado é um fator resultante de um processo gradual de décadas.

O ideal para uma análise mais completa desta zona de assoreamento, tal como agentes causadores e agentes intensificadores deste problema, é a construção de uma base de dados ao longo de vários anos, para que se tenha a possibilidade de estudos mais conclusivos. Fatores

como a não existência de vegetação nos locais próximos ao assoreamento (como observado na figura 21), transporte de sedimentos advindos da seção 1, perda de velocidade de escoamento da água devido ao acúmulo de sedimentos no assoalho do corpo hídrico e a soma de processos erosivos na margem próxima à região assoreada se tornam fatores de influência nessa região.

Figura 21 – Imagem aérea de 31/07/2011 da área de estudo. Como pode ser observado, se trata de um período de seca, onde é visível a redução do volume de água da represa. É possível observar também a diferença na quantidade de vegetação quando analisada a imagem de 2019.



Fonte: O autor

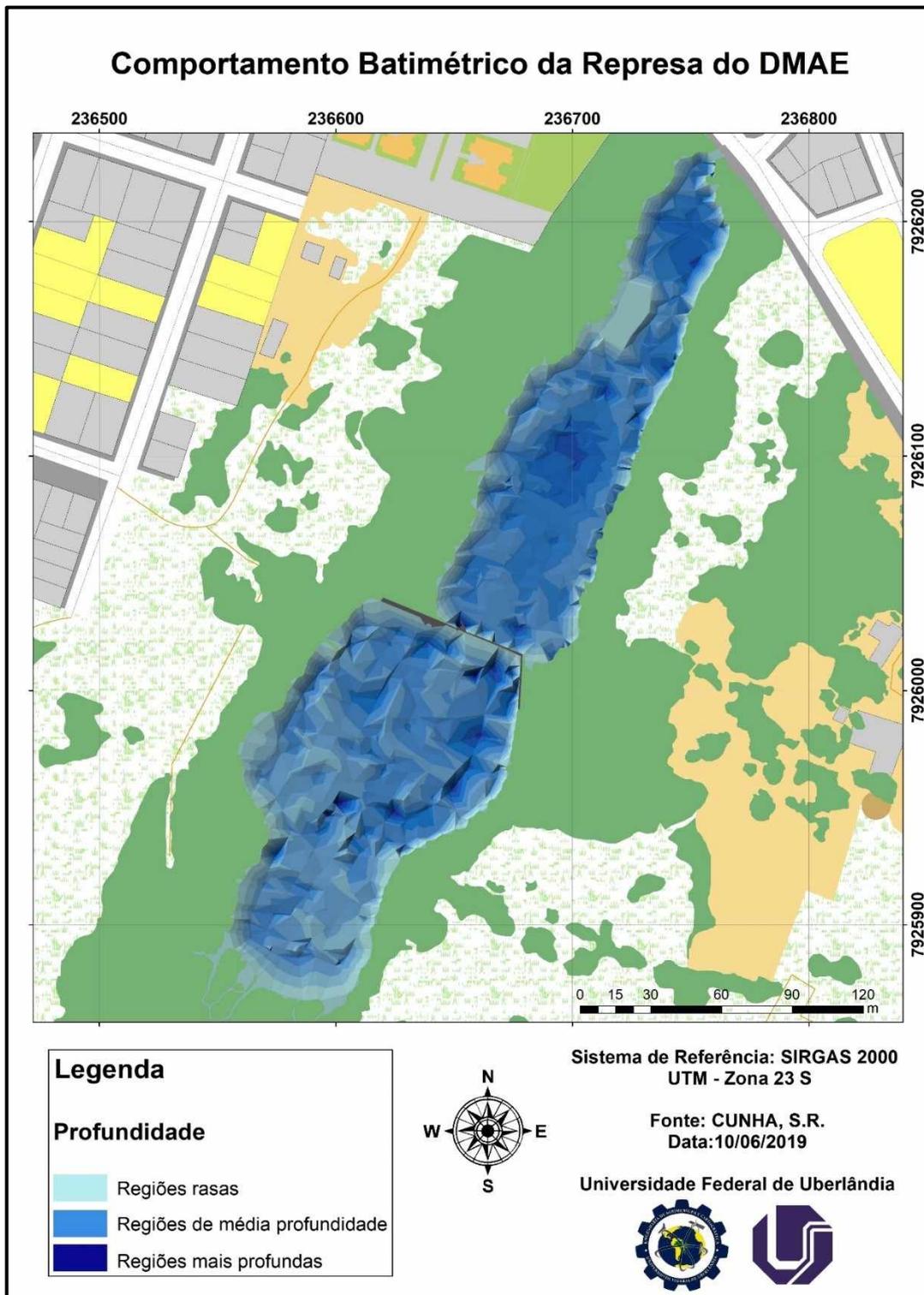
7.3 Estudo batimétrico

Conhecer a topografia de um corpo d'água é fator determinante para que se tenha confiança e eficiência no momento de tomada de decisões voltadas à gestão de recursos hídricos.

A partir do levantamento batimétrico e dos dados já filtrados, foram gerados produtos cartográficos para análise e melhor visualização da topografia submersa da represa.

Na figura 22, é representado o MDS da represa, gerado utilizando-se do software ArcGis.

Figura 22 – Visualização do comportamento batimétrico da represa do DMAE.



Fonte : O autor.

Através do MDS, e com base na altitude materializada como nível de referência no momento do levantamento batimétrico, é calculado o volume estimado para o reservatório,

utilizando-se o software ArcMap 10.3, disponibilizado pelo laboratório SIGEO, da Universidade Federal de Uberlândia. Os resultados estão constados na tabela 3.

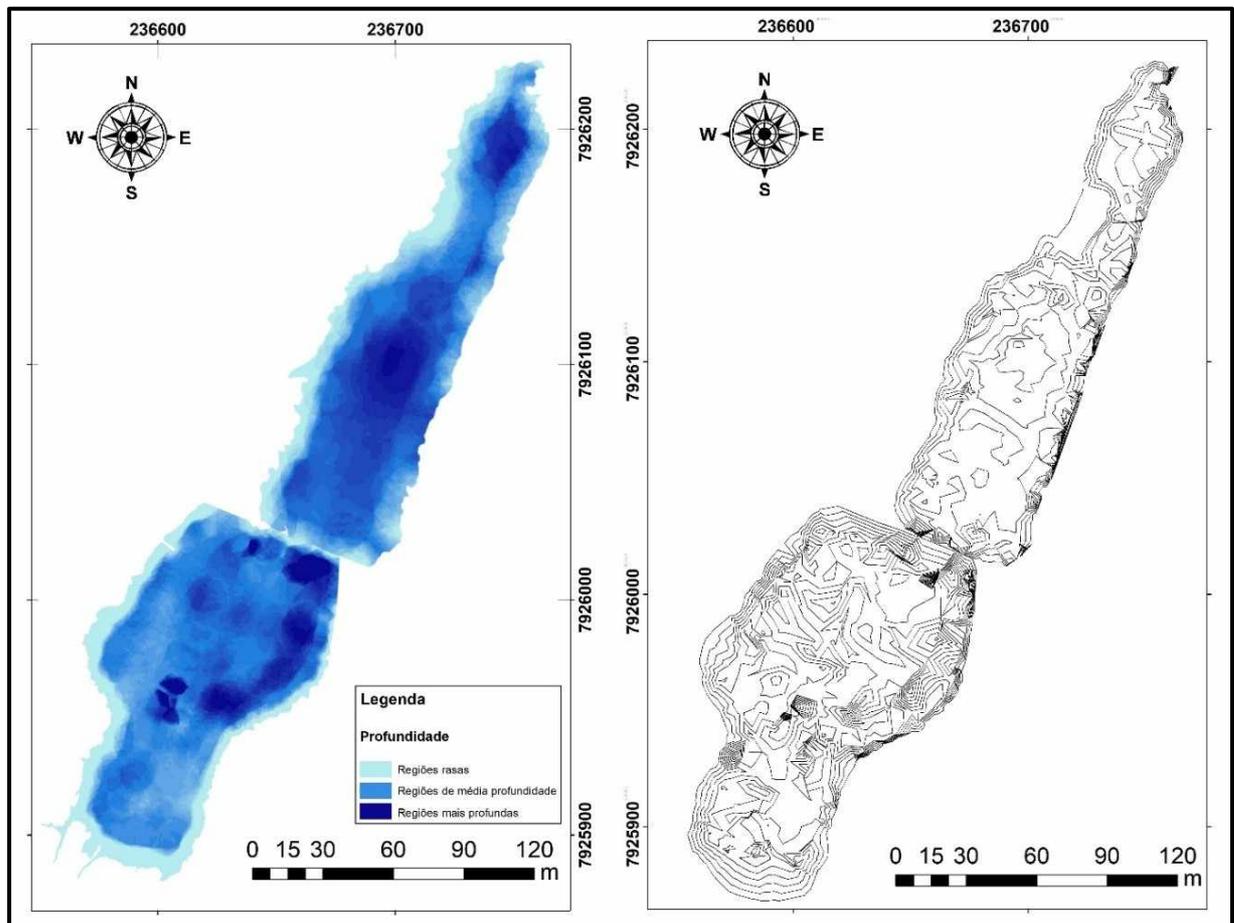
Tabela 3 – Dados da represa obtidos através dos levantamentos.

| Seção | Volume calculado | Área calculada |
|--------------|---------------------------------|-----------------------------------|
| 1 | 11.009,24 metros cúbicos | 13.196,30 metros quadrados |
| 2 | 7.432,00 metros cúbicos | 10.519,28 metros quadrados |
| Total | 18.441,24 metros cúbicos | 23.715,58 metros quadrados |

Fonte: O autor.

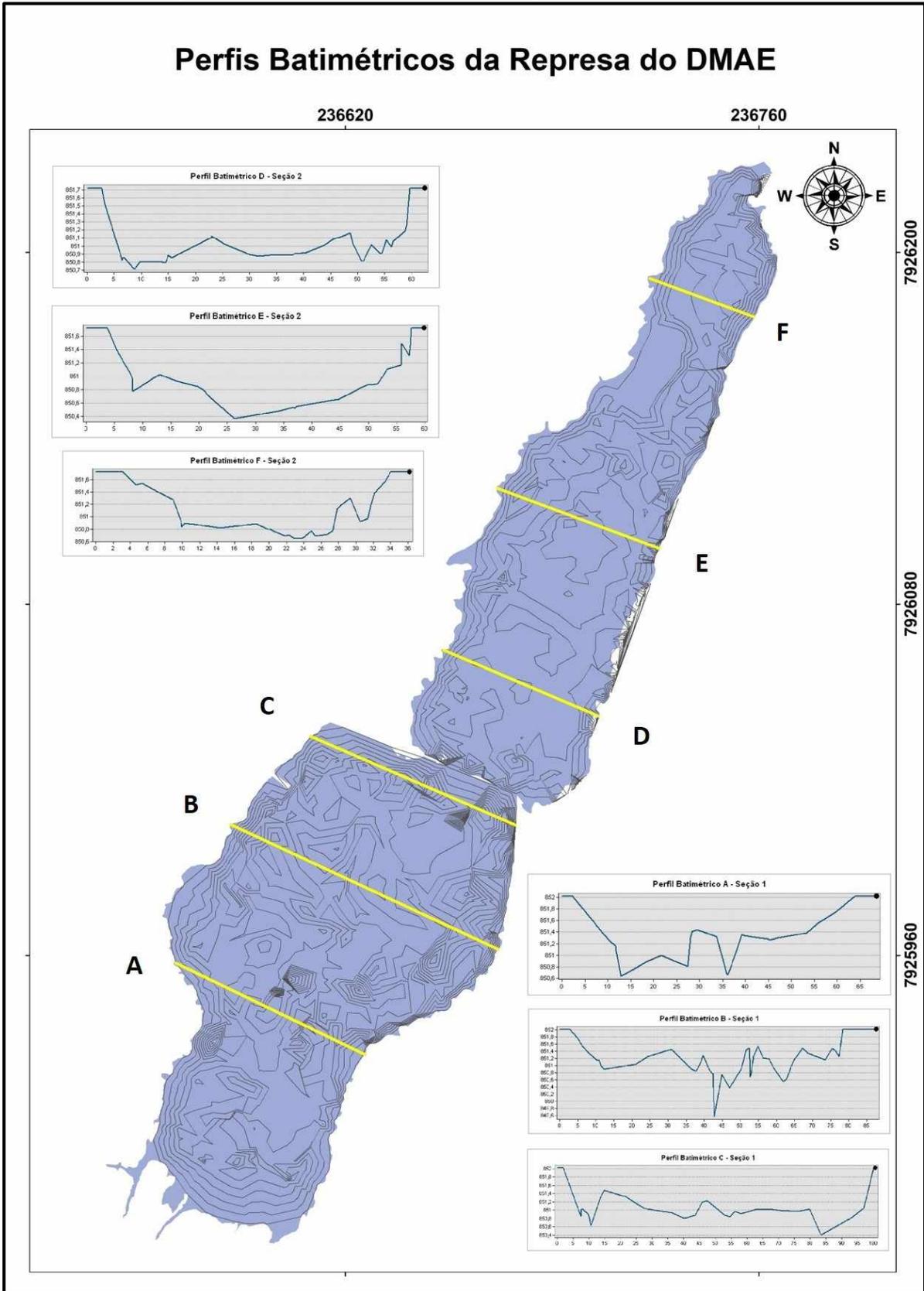
Para uma melhor visualização do comportamento batimétrico, usou-se o interpolador por krigagem, visto que o resultado por este método apresentou melhor visualização do que pelo IDW (Inverse Distance Weighting). A interpolação e as curvas de níveis podem ser observada na figura 23, e os perfis das seções batimétricas representados na figura 24.

Figura 23 – Interpolação gerada através do método interpolador krigagem, e ao lado as curvas de nível do relevo da represa.



Fonte: O autor.

Figura 24 – Perfis batimétricos do corpo hídrico em estudo.



Os perfis batimétricos, além de auxiliarem na verificação de acidentes geográficos do relevo, trazem a possibilidade de futuras comparações com outros gráficos de perfil posteriores, gerando uma base de dados importante para futuros estudos locais.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro de todos os resultados obtidos e informações, é possível destacar a importância do reservatório em estudo para o abastecimento do município de Monte Carmelo. Com áreas consideráveis fora dos padrões estabelecidos em lei para Áreas de Preservação Permanente, inúmeros pontos de acúmulos de lixo e um área de assoreamento pontual, este reservatório natural de água necessita de uma maior atenção por parte da administração pública e órgãos responsáveis por sua gestão. A qualidade da água armazenada e a quantidade poderão sofrer impactos em alguns anos. Com uma área em constante expansão, a região de assoreamento pode brevemente diminuir consideravelmente o fluxo de água que percorre até chegar no canal, e conseqüentemente reduzir um percentual importante do volume útil deste reservatório.

Para que a atual situação em que se encontra a represa possa ser revertida, é proposto que seja criado um Plano de Recuperação, voltado à restauração das APP's de modo a cumprir a legislação vigente, à restauração da região assoreada e à limpeza de pontos com acúmulo de lixo e de sedimentos, visando uma maior qualidade da água e maior volume útil do reservatório.

Surge como proposta secundária para controle ambiental e oportunidade para uma gestão mais específica da área, a criação de uma Zona Especial de Interesse Ambiental (ZEIA). As ZEIAS são parcelas de territórios localizados na Zona de Estruturação e Qualificação Urbana, destinadas à preservação e proteção do patrimônio ambiental, que têm como principais atributos a existência de significativos conjuntos remanescentes de vegetação nativa, com diferentes graus de regeneração, alto índice de permeabilidade e que prestam relevantes serviços ambientais, dentre eles a conservação da biodiversidade, controle de inundação e regulação do microclima em que se inserem. A proposta pela existência de uma ZEIA local visaria a gestão de uma área de aproximadamente 335 hectares, incluindo a região chamada de Parque da Matinha, região onde está localizada a nascente que traz o fluxo de água ao corpo hídrico em estudo. Além de proporcionar a preservação de uma rica biodiversidade, esta área pode trazer ao município uma nova esfera do setor de turismo e lazer local, com a abertura para trilhas e passeios turísticos.

Quanto aos pontos de urbanização já presentes na área proposta, observados na figura 25, a ideia é de que se tenha maior rigor quanto aos projetos de novos loteamentos dentro da ZEIA. O processo de urbanização é inevitável, porém a projeção de loteamentos visando a valorização e utilização de áreas verdes traz perspectivas de uma maior valorização em relação aos demais setores de imobiliários no município de Monte Carmelo.

Figura 25 – Área proposta para implantação da ZEIA. Como pode ser observado, a área possui corpos d'água, mata nativa, áreas urbanizadas, regiões de cultivo, áreas de pastagem e regiões de solo exposto. Importante ressaltar a presença de uma subestação de energia da CEMIG próximo à área da represa do DMAE.



Fonte: O autor.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL(ANAC). Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. **Requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil**. Brasília, DF, 2017.

ARAÚJO, P.R.; TUCCI, C.E.M.; GOLDENFUM, J.A. Avaliação da Eficiência dos Pavimentos Permeáveis na Redução de Escoamento Superficial. Instituto de Pesquisas Hidráulicas da UFRGS - Porto Alegre – RS, 2000.

BENAKOUCHE, R.; CRUZ, R. S. **Avaliação monetária do meio ambiente**. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1994. 198p.

BLANCO, R. A. Água, ouro do terceiro milênio. **Revista eletrônica**. Disponível em: <<http://www.jardimdeflores.com.br/ECOLOGIA/agua.html>>. Acesso em: 10 nov. 2018.

BLYENBURGH, P. *UAVs - Current Situation and Considerations for the way Forward. RTO AVT Course*, Bélgica, Setembro 1999. Disponível em:<<https://pdfs.semanticscholar.org/b766/27026abf4018f9cb55c3f2f4651d893ab634.pdf>>. Acesso em: 22 out. 2018.

BRASIL. **Decreto Federal n. 23.793, de 23 de janeiro de 1934**. Decreta o código florestal. Brasília, DF, 1934.

BRASIL. Instrução Técnica A-06A. **Procedimentos para Levantamentos Hidrográficos (LH) Executados por Entidades Extra Marinha**. Marinha do Brasil. DHN.

Disponível em: < <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/download/ita06.pdf> >. Acesso em: 07 nov. 2018.

BRASIL. **Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965** – Instituiu o Novo Código Florestal (com alterações introduzidas pela Lei 7.803, de 18 de julho de 1989 que Altera a redação da Lei 4.771 de 15 de setembro de 1965, e revoga as Leis n.s 6.535, de 15 de junho de 1978 e 7.511, de 7 de julho de 1986). Diário Oficial a União, Brasília, DF (1965). Disponível em:< <http://legislação.planalto.gov.br/legislação.nsf>. >. Acesso em 14 nov. 2018.

BRASIL. **Lei 12.651, de 25 de maio de 2012**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 2012.

BRASIL. **Medida Provisória 2.166-67, de 24 de agosto de 2001**. Altera os artigos. 1o , 4o , 14, 16 e 44, e acresce dispositivos à Lei n. 4.771 de 1965: Código florestal. Brasília, DF, 2001.

COELHO, L.; BRITO, J. N. **Fotogrametria digital**. Instituto Militar de Engenharia. 1ª Ed. Rio de Janeiro, Brasil, 2002.

DHN, 2014. NORMAM-25/DHN, Diretoria de Hidrografia e Navegação- Marinha do Brasil. **Normas da Autoridade Marítima para Levantamentos Hidrográficos**, ver.1, 2014. Disponível em: <<https://www.mar.mil.br/dhn/chm/box-levantamento-hidrografico/arquivos/normam25-rev1.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2018.

DGDEC - Departamento Geral da Defesa Civil. **Defesa civil**. Disponível em: <<http://www.defesanet.com.br/aviacao/noticia/2264/Franca-escolhe-vant-IAI-Heron-TP>>. Acesso em: 13 nov. 2018.

FERREIRA, I. O. **Coleta, processamento e análise de dados batimétricos viando a representação computacional do relevo submerso utilizando interpoladores determinísticos e probabilísticos**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013. 70p.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GAGG, G. **Levantamentos Hidrográficos – Noções Gerais**. Departamento de Geodésia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016. 41p.

HIDROTEL. **Batimetria e Eco-Batimetria**. Disponível em: <www.hidrotel.com.br/bat_ecobat_topo.2002>. Acesso em: 15 nov. 2018.

INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION (IHO). **Manual on Hydrography**. Mônaco. *International Hydrographic Bureau*, 2005. 540p.

IHO. **IHO Standards for Hydrographic Surveys**. *Special Publication* N° 44 - 5th. Mônaco: *International Hydrographic Bureau*, 2008.

KONGSBERG MARITIME, 2016. **Dynamic positioning basic principles**. Disponível em: <<https://www.km.kongsberg.com/ks/web/nokbg0240.nsf/AllWeb/BD306BBB3E7DA73FC1256DA B00353083?OpenDocument>>. Acesso em: 02 nov. 2018.

KRUEGER, C. P. **Levantamentos Batimétricos**, Revista INFOGEO 39 (MUNDOGEO) setembro de 2005. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2005/09/27/levantamentos-batimetricos>>. Acesso em: 11 nov. 2018.

LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas.** 2010. Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

LOPES, M. R.; SOARES, L. H. R. L. **A utilização de aeronaves remotamente pilotadas para entrega de mercadorias - Uma comparação de legislações brasileira e americana.** In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, XXXVII, 2017, Joinville. **Anais...** Joinville: ENEGEP, 2017. p. 1-14.

MAIA, A. G. **Valoração de recursos ambientais.** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2002. 199p.

MARTINI, L. **Topografia Aplicada aos Levantamentos Hidrográficos.** Departamento de Geomática, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná. 2007. 19p.

MATIAS, L. **Como Funciona o Sonar: Medição da Velocidade do Som na Água.** Centro de Geofísica, Universidade de Lisboa, Portugal, 2010. Disponível em: <http://webpages.ciencias.ulisboa.pt/~jmfigueiredo/aulas/EF_PL_T2_20172018_Sonar.pdf> . Acesso em: 05 nov. 2018.

MATTOS, A. D. M.; JACOVINE, L. A. G.; VALVERDE, S. R.; SOUZA, A.L.; SILVA, M. L.; LIMA, J. E. **Valoração ambiental de áreas de preservação permanente da microbacia do Ribeirão São Bartolomeu no município de Viçosa, MG.** Sociedade de Investigações Florestais. R. Árvore, Viçosa, Minas Gerais, v.31, n.2, p.347-353, 2007.

MESQUITA, R. A. S.; BRITO, M. R.; MARINHO, A. A.; MURAISHI, C. T. **A importância das Áreas de Preservação Permanente (APPs).** Faculdade Católica do Tocantins-FACTO. Disponível em:

< http://www.catolicato.edu.br/portal/portal/downloads/docs_gestaoambiental/projetos/2010-1/3-periodo/A_importancia_das_areas_de_preservacao_permanete.pdf>. Acesso em: 02 nov. 2018.

MUSTE, M.; KIM, D.; MERWADE, V. **Modern Digital Instruments and Techniques for Hydrodynamic and Morphologic Characterization of Stream, chapter 24 in Gravel-bed rivers: Processes, tools, environments.** Jhon Wiley & Sons, LTD. 1 ed. Chinchester, p.315-342, 2012.

NATURE. **Careers and Recruitment Mapping Opportunities: Scientists who can combine geographic information systems with satellite data are in demand in a variety of disciplines.** Disponível em: < <http://www.nature.com/nature/journal/v427/n6972/full/nj6972-376a.html>>. Acesso em: 20 nov. 2018.

NEBIKER, S.; ANNEN, S.; SCHERRER, A.; OESCH, M. D. ***A Light-Weight Multispectral Sensor for micro UAV – Opportunities for very high resolution airborne remote sensing.*** *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B1. Beijing, 2008.

PENROSE J. D.; SIWABESSY P. J. W.; GAVRILOV A.; PARNUM I.; HAMILTON L. J.; BICKERS A.; BROOKE B.; RYAN D. A.; KENNEDY P. ***Acoustic techniques for seabed classification***, September 2005, Cooperative Research Centre for Coastal Zone Estuary and Waterway Management, Technical Report 32.

RAMOS, A. M. **Aplicação, Investigação e Análise da Metodologia de Reduções Batimétricas Através do Método GPS Diferencial Preciso.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2007. 221p.

RIBEIRO, S. R.A.; CENTENO, J.A.S.; KRUEGER, C. P. **Estimativa de Profundidade a Partir de Levantamento Batimétrico e Dados IKONOS II Mediante Redes Neurais Artificiais.** Bol. Ciênc. Geod., sec. Artigos, Curitiba, v.14, n.2, p.171-185, 2008.

SILVEIRA, P. M. et al. **Trabalho de Macrodrenagem: Assoreamento na Primeira Represa da UFV.** CIV-347 – SISTEMAS DE ESGOTOS. Universidade Federal de Viçosa. Minas Gerais. 2009.

THOMAS, J. E. et al. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo.** Rio de Janeiro: Editora Interciência, 2001.

WOLF, P. R.; DEWITT, B. A.; WILKINSON, B. E. ***Elements of Photogrammetry: with Application in GIS.*** 3rd edition. McGraw-Hill, 2004.

XAVIER, R. **A utilização do vant em levantamentos ambientais.** Artigo (Especialização em Análise Ambiental do Departamento). Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013. 35p.

ZORZAI, F. M. B. **Engenharia de Recursos Hídricos.** Curitiba. UTP. Notas de Aula. 2000b.

ANEXO A – EXIGÊNCIAS DA IHO PARA LEVANTAMENTOS HIDROGRÁFICOS

| Ordem | Especial | 1a | 1b | 2 |
|--|--|--|---|------------------------|
| Detecção de Feições | Requerido | Requerido | Não Aplicável | Não Aplicável |
| Máximo Espaçamento entre as linhas | Não definido - Requerido o levantamento completo do fundo | Não definido - Requerido o levantamento completo do fundo | 3 x profundidade média ou 25 metros, a maior das duas. Para <i>lidar</i> batimétrico utiliza-se um espaçamento de pontos de 5 x 5 metros | 4 x profundidade média |
| Posicionamento bidimensional para auxílio visual fixo à navegação e topografia, fundamental para a navegação. Nível de confiança: 95% | 2 metros | 2 metros | 2 metros | 5 metros |

Fonte: Adaptado de IHO (2008) *apud* Ferreira (2013).