

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO – FAED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO
TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO SOCIOAMBIENTAL - PPGPLAN

MONITORAMENTO DE ÁREAS COM OCORRÊNCIA E RISCO DE DESASTRES COM
APOIO DE TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

João Daniel Barbosa Martins

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado Profissional da Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, do Centro de Ciências Humanas e da Educação da Universidade do Estado de Santa Catarina, sob orientação da Professora Doutora Mariane Alves Dal Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental.

FLORIANÓPOLIS, SC

2018

**Ficha catalográfica elaborada pelo programa de geração automática da
Biblioteca Setorial do FAED/UDESC,
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

Martins, Joao Daniel Barbosa
MONITORAMENTO DE ÁREAS COM OCORRÊNCIA E
RISCO DE DESASTRES COM APOIO DE TECNOLOGIAS DA
GEOINFORMAÇÃO / Joao Daniel Barbosa Martins. -- 2018.
121 p.

Orientadora: Mariane Alves Dal Santo
Dissertação (mestrado) -- Universidade do Estado de Santa
Catarina, Centro de Ciências Humanas e da Educação, Programa de
Pós-Graduação Profissional em Planejamento Territorial e
Desenvolvimento Sócio-Ambiental, Florianópolis, 2018.

1. Geoinformação. 2. Drone. 3. Sistemas de Informações
Geográficas. 4. Desastres. 5. Modelagem 3D. I. Santo, Mariane
Alves Dal . II. Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de
Ciências Humanas e da Educação, Programa de Pós-Graduação
Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento
Sócio-Ambiental. III. Título.

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA - UDESC
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E DA EDUCAÇÃO – FAED
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PLANEJAMENTO
TERRITORIAL E DESENVOLVIMENTO SOCIOAMBIENTAL - PPGPLAN

MONITORAMENTO DE ÁREAS COM OCORRÊNCIA E RISCO DE DESASTRES COM
APOIO DE TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

João Daniel Barbosa Martins

FLORIANÓPOLIS, SC

2018

MARTINS, João Daniel Barbosa. **MONITORAMENTO DE ÁREAS COM OCORRÊNCIA E RISCO DE DESASTRES COM APOIO DE TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**. Dissertação de Mestrado – PPGPLAN/MPPT/UDESC. Florianópolis, 2018.

JOÃO DANIEL BARBORA MARTINS

**MONITORAMENTO DE ÁREAS COM OCORRÊNCIA E RISCO DE DESASTRES
COM APOIO DE TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental como requisito para obtenção do título de Mestre em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental, da Universidade do Estado de Santa Catarina.

Banca examinadora:

Orientadora:

Dra. Mariane Alves Dal Santo - UDESC

Membros:

Dr. Rodrigo Pinheiro Ribas - UDESC

Dr. Everton da Silva - UFSC

Florianópolis, 30/08/2018

AGRADECIMENTOS

Não caberão aqui todos os nomes dos amigos que me apoiaram na jornada, contudo cabe destaque aos que estiveram presentes nesse período da minha formação.

Antes de tudo, agradeço ao cosmos por colocar tantas pessoas de energia tão boa para me acompanhar e ajudar a enfrentar os desafios da vida;

Minha Mãe, Maria de Nazaré, exemplo de Amor maior nesse universo, minha alma, meu coração.

Minha Tia, Maria Martins, por todo o suporte necessário para refletir sobre os problemas da sociedade e por me ensinar o que é compartilhar.

Meus primos, Márcia, Cristiane, André, Carol, Alfredo, Gabriela, Mari e Enzo.

A Veranice, por ser o alicerce da minha família.

Laricia, teu amor e tua fúria me fizeram sentir vivo de novo. Lamento os momentos de solidão nesse período. Quero que saibas que sou eternamente grato por tantos ensinamentos sobre o que é ser parceiro, sobre mim também.

Professora Vera Dias, que, apesar da distância, faz parte da formação do ser humano que sou hoje. Sou grato por me ensinar a ter humanidade.

Professor Francisco de Oliveira, pelas oportunidades no GeoLab.

Professores Isa e Pedro, por serem “a prova da contradição”, onde, apesar dos conflitos, me ensinaram muito sobre a vida.

Aos demais colegas e professores do Departamento de Geografia e do PPGPLAN, minha enorme gratidão.

E Professora Mariane... não tenho como expressar em palavras o sentimento que tenho por ti. Tua paciência e carinho com o aluno me mostraram a luz da amizade. Tua calma me ensinou a ver levar a vida com leveza, que “o que se leva dessa vida é a vida que se leva”. Gratidão infinita.

Por fim, ao Estado de Santa Catarina, que me proporcionou tanto conhecimento.

MARTINS, João Daniel Barbosa. **MONITORAMENTO DE ÁREAS COM OCORRÊNCIA E RISCO DE DESASTRES COM APOIO DE TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO.** Dissertação de Mestrado – PPGPLAN/MPPT/UDESC. Florianópolis, 2018.

RESUMO

Santa Catarina é um dos estados brasileiros que sofre com constantes fenômenos climáticos e geomorfológicos, tais como: vendavais, inundações e movimentos de massa, os quais muitas vezes resultam em desastres, causando prejuízos ao patrimônio público e privado. O planejamento requer processos de coleta e armazenamento de dados, fundamentais para a compreensão do espaço. Desta forma, o presente trabalho busca apresentar metodologia e técnica de captura de dados espaciais que atendam demandas quanto ao monitoramento em casos de fenômenos perigosos, isto, por meio do uso de geotecnologias, incluindo sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (RPAS / Drone), câmera digital, computador, bem como softwares pertinentes ao campo do mapeamento, geoprocessamento em ambiente SIG (Sistemas de Informação Geográfica), modelagem 3D, fotogrametria e programação. Por fim, foi desenvolvida uma proposta de plataforma *front-end* (página web) para armazenamento e gestão online dos fenômenos mapeados. Em relação ao tipo de dado armazenado, foi priorizado o processo de modelagem 3D para criação de modelos digitais de superfície (MDS) e, além disso, um modelo de banco de dados geográficos como suporte ao registro de feições para a prevenção e resposta rápida em casos relacionados aos perigos geomorfológicos e climáticos citados anteriormente. Com o intuito de extrapolar as barreiras entre a universidade e a sociedade, este trabalho tem a pretensão de servir como material de apoio para atividades de ensino, pesquisa e extensão, tendo como público alvo, além da academia, a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina.

Palavras-chave: Geoinformação; drone; Sistemas de Informação Geográfica; desastres; modelagem 3D.

Abstract

Santa Catarina is one of the Brazilian states that suffers from constant climatic and geomorphological phenomena, such as windfalls, floods and mass movements, which often result in disasters, causing damage to the public and private patrimony. Planning requires processes of data collection and storage, fundamental for the understanding of space. In this way, the present work seeks to present a methodology and technique for capturing spatial data that meet the demands of monitoring in cases of dangerous phenomena, ie, using geotechnologies, including remotely piloted aircraft systems (RPAS / Drone), digital camera, computer, as well as softwares pertinent to the field of mapping, geoprocessing in GIS (Geographic Information Systems), 3D modeling, photogrammetry and programming. Finally, a proposal was developed for a front-end platform (web page) for online storage and management of the mapped phenomena. In relation to the type of data stored, the 3D modeling process for the creation of digital surface models (MDS) was prioritized and, in addition, a geographic database model to support the registration of features for the prevention and rapid response related to the geomorphological and climatic hazards mentioned above. With the aim of extrapolating the barriers between university and society, this work intends to serve as a support material for teaching, research and extension activities, having as a target audience, besides the academy, the Civil Defense and the Firefighters of Santa Catarina.

Keywords: Geoinformation; drone; Geographic Information Systems; disasters; 3d modeling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Serras do Lesta Catarinense em destaque vermelho	16
Figura 2 - Cicatriz causada por movimento de massa em 2008 no município de Ilhota/SC....	17
Figura 3 - Localização do município de Florianópolis e áreas de estudo.....	18
Figura 4 - Ocupação em encosta.....	20
Figura 5 - Caminho da informação.....	28
Figura 6 - Estrutura interna de um SIG	31
Figura 7 - Informação matricial.....	32
Figura 8 - Informação vetorial.....	33
Figura 9 - Earth NullSchool	34
Figura 10 - IBGE, mapas físicos e ambientais	35
Figura 11 - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres.....	36
Figura 12 - Open Street Map	37
Figura 13 - Leaflet	38
Figura 14 - Drone multi-rotor DJI Matrice 100.....	41
Figura 15 - Drone asa-fixa. Modelo ECHAR 20B	42
Figura 16 - Drone híbrido Falcon Vertigo.....	42
Figura 17 - Drone militar RQ-4 Global Hawk	43
Figura 18 - Comparação entre técnicas de mapeamento e nível de detalhe	44
Figura 19 - Nuvem de pontos	47
Figura 20 - Resolução espacial	48
Figura 21 - Notepad++	50
Figura 22 - Linguagem HTML.....	51
Figura 23 - Relação cliente-servidor	54
Figura 24 - Seleção de tipo de plano de voo.....	56
Figura 25 - Layout de criação de plano de voo (definição de polígono) no Pix4D capture.....	56
Figura 26 - Layout do Photoscan.....	58
Figura 27 - Visual SFM	59
Figura 28 - ArcMap	60
Figura 29 - Drone Desfibrilador	61
Figura 30 - Oficina Pix4D e DJI pós catástrofe no Nepal	62
Figura 31 - I Simpósio Sobre Aeronaves Remotamente Pilotadas CBMSC.....	63
Figura 32 - Nikon D3100	66

Figura 33 - Equipe de mapeamento: Defesa Civil e GeoLab	69
Figura 34 - Faixas de voo e nuvem de pontos.....	71
Figura 35 - Malha 3D.....	72
Figura 36 - Modelo Digital de elevação.....	73
Figura 37 - Ortoimagem de cicatriz em encosta na SC-404	73
Figura 38 - Shapefile de curvas de nível sobre MDE	74
Figura 39 - Curvas de nível sobre malha 3D	75
Figura 40 - Solo exposto SC-404.....	76
Figura 41 - Método para captura de imagens de fachada	77
Figura 42 - Posição das tomadas fotográficas e nuvem de pontos esparsos	77
Figura 43 - Malha 3D.....	78
Figura 44 - Modelo Digital de Elevação e curvas de nível	79
Figura 45 - Ortoimagem.....	79
Figura 46 - Nuvem de pontos e shape 3D de curvas de nível	80
Figura 47 - Modelo 3D de cicatriz resultante de movimento e massa	81
Figura 48 - Modelo 3D na plataforma Sketchfab	83
Figura 49 - ConFiguração de ponto de perspectiva de realidade virtual no Sketchfab	84
Figura 50 - Óculos de realidade virtual (VR Cardbox).....	84
Figura 51 - Visão de perspectiva por meio da realidade virtual	85
Figura 52 - Geo Risk Survey.....	86
Figura 53 - Diferença de resolução espacial em imagens sobrepostas da SC-406	88
Figura 54 - Oficina: Da aerofto ao SIG.....	89
Figura 55 - Painéis do Geo Risk Survey	92

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
1.1	OBJETIVOS.....	22
1.1.1	Geral	22
1.1.2	Específicos.....	22
1.2	JUSTIFICATIVA.....	23
1.3	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	24
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	25
2.1	RISCO DE DESASTRES	25
2.2	SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, TECNOLOGIAS E CONHECIMENTO	26
2.2.1	O mundo virtual.....	26
2.2.2	Sistemas de Informação.....	27
2.2.3	Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e suas tecnologias.....	29
2.2.3.1	Webmap / webGIS	31
2.2.3.2	Leaflet.....	37
2.2.4	Hardware	38
2.2.4.1	Computador	38
2.2.4.2	Câmera.....	39
2.2.4.3	DRONE/RPA	39
2.2.4.4	Fotogrametria	46
2.2.5	Software.....	49
2.2.5.1	Programação	49
2.2.5.2	Captura de dados espaciais, processamento e SIG.....	55
2.2.6	Exemplos de uso da tecnologia RPA na segurança pública.....	60
3	MATERIAIS E MÉTODOS	65
3.1	HARDWARE.....	65
3.1.1	Computador	65
3.1.2	Câmera.....	65
3.1.3	Drones/RPA.....	66
3.2	SOFTWARE	66
3.3	ETAPAS METODOLÓGICAS	67
3.3.1	Descrição das etapas metodológicas	67
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	69
4.1	COLETA DE DADOS E MODELAGEM 3D	69
4.1.1	Cicatriz de encosta na rodovia SC-406	69

4.1.2	Cicatriz de encosta na rodovia SC-404.....	76
4.1.3	Sketchfab	81
4.1.4	Criação da plataforma web	85
4.2	PRODUTO.....	87
5	CONCLUSÕES	93
6	REFERÊNCIAS.....	95
7	APÊNDICES	99
7.1	APÊNDICE 1 – CÓDIGO FONTE DO GEO RISK SURVEY	99
8	ANEXOS	108
8.1	ANEXO 1 – EXEMPLO DE RELATÓRIO GERADO NO PHOTOSCAN	109
8.2	ANEXO 2 – Laudo GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO / Defesa Civil SC	115

1 INTRODUÇÃO

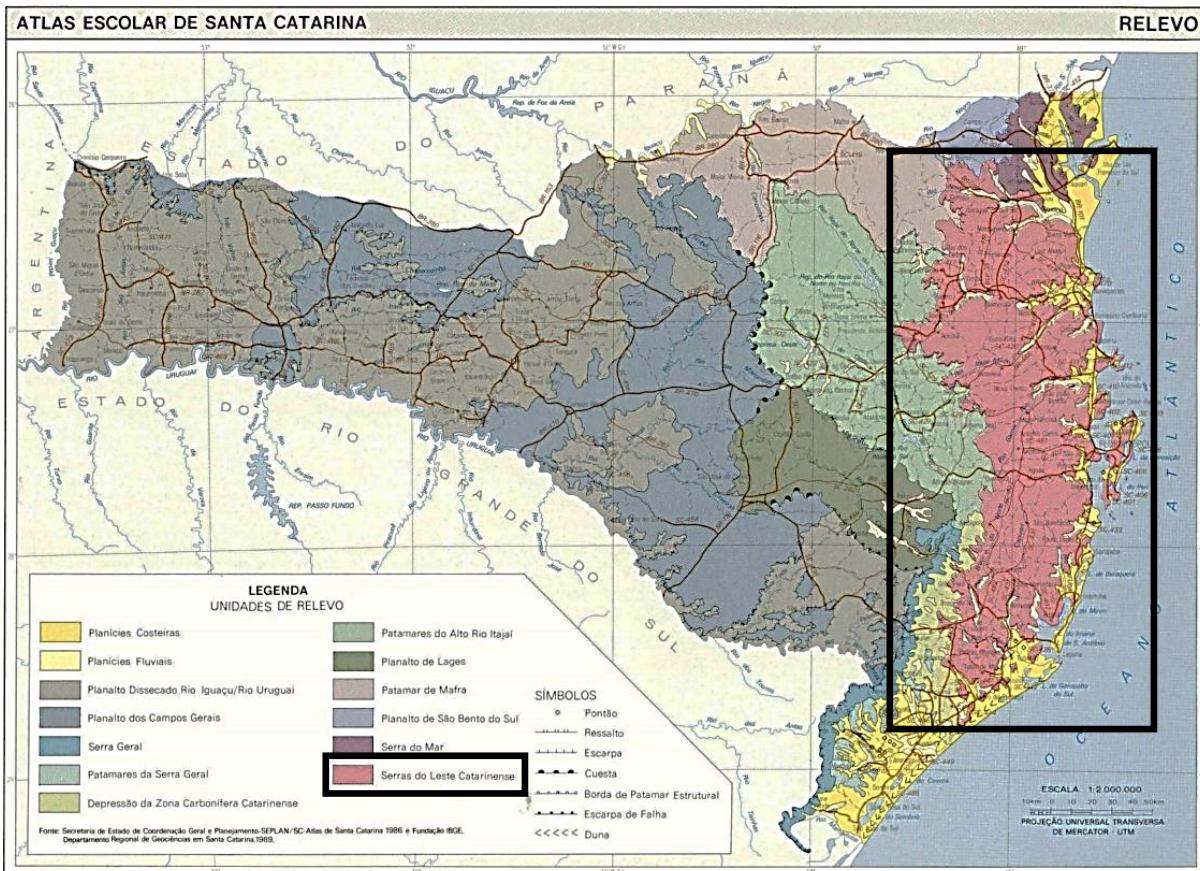
O ser humano utiliza ferramentas para facilitação de suas atividades há milhares de anos, lascando fragmentos rochosos, madeira e moldando a primeira natureza conforme a necessidade. Além disso, a humanidade desenvolveu formas e signos para representar o espaço, registrar ideias e compreender os fenômenos naturais, o que mais tarde, por meio do desenvolvimento de ferramentas, deu fundamento à arte de fazer mapas, a cartografia como meio de comunicação e construção de conhecimento (NOGUEIRA, 2009). As ferramentas são uma espécie de extensão física e material que surge da imaterialidade, da cognição humana, da necessidade de se ampliar as capacidades humanas, onde meros gestos (como caminhar, bater, pegar, etc.) são fonte de elucubração para o desenvolvimento de itens como o martelo e a roda, até a calculadora (LÉVY, 1996).

A tecnologia está sempre avançando e se tornando mais necessária em muitos aspectos pertinentes ao planejamento e gestão. Atualmente, em cenários de desastres, as equipes em terra se deparam com o grande desafio de entender o que está acontecendo, onde estão localizadas as vítimas e como acessar as áreas e as pessoas afetadas de forma segura e eficiente. Quanto às ferramentas, imagens orbitais obtidas por meio de satélites e aerofotos dão um suporte cada vez maior nos casos de respostas a desastres. No entanto, a obtenção e análise destes dados ainda requer um tempo significativo (SALISBURY et al., 2016).

De acordo com o Relatório de Danos elaborado pelo CEPED/UFSC (2016), entre os anos de 1995 e 2014 o Brasil sofreu perdas totais próximas à R\$182,7 bilhões, onde R\$137,3 bilhões são referentes aos prejuízos ligados ao patrimônio público e privado, e, R\$45,4 bilhões aos danos materiais. Destes, 59% são ligados aos danos à infraestrutura, 36% às habitações e 5% às instalações de saúde, ensino, comunitárias e etc. Os danos privados somam 86% dos prejuízos frente a 14% dos prejuízos públicos. Assim, no período levantado no relatório, por ano o país perdeu algo em torno de 9 bilhões de reais (R\$800.000.000,00/mês).

Em Santa Catarina são frequentes os eventos de desastres relacionados a movimentos de massa, vendavais e inundações, com destaque para a região das Serras do Leste Catarinense, onde todos se manifestam com certa frequência (CEPED/UFSC, 2016). A região das Serras do Leste Catarinense pode ser observada na Figura 1 a seguir:

Figura 1 - Serras do Lesta Catarinense em destaque vermelho



Fonte: Atlas Escolar de Santa Catarina. (1991, p.19, grifo nosso)

Na mesma região, em 2015, do dia 15 de setembro ao dia 10 de novembro, choveu em 40 dos 55 dias do período, de acordo com a Defesa Civil (2015). No ano de 2008, em função do elevado regime pluviométrico somado às características do terreno, ocorreu uma série de casualidades, onde a localidade do Morro do Baú, município de Ilhota, foi palco de desastres divulgados em âmbito nacional. Na ocasião, morreram 135 pessoas e duas desapareceram soterradas nos movimentos de massa e/ou levadas pela força das águas. No mesmo ano o Banco Mundial estimou que os danos no estado de Santa Catarina foram em torno de R\$ 4,75 bilhões, aproximadamente 2,67% do PIB do estado. (CEPED/UFSC, 2016). Um exemplo da magnitude dos fenômenos ocorridos em 2008 pode ser observado na Figura 2 a seguir:

Figura 2 - Cicatriz causada por movimento de massa em 2008 no município de Ilhota/SC



Foto: Gilmar de Souza (2008) <disponível em:

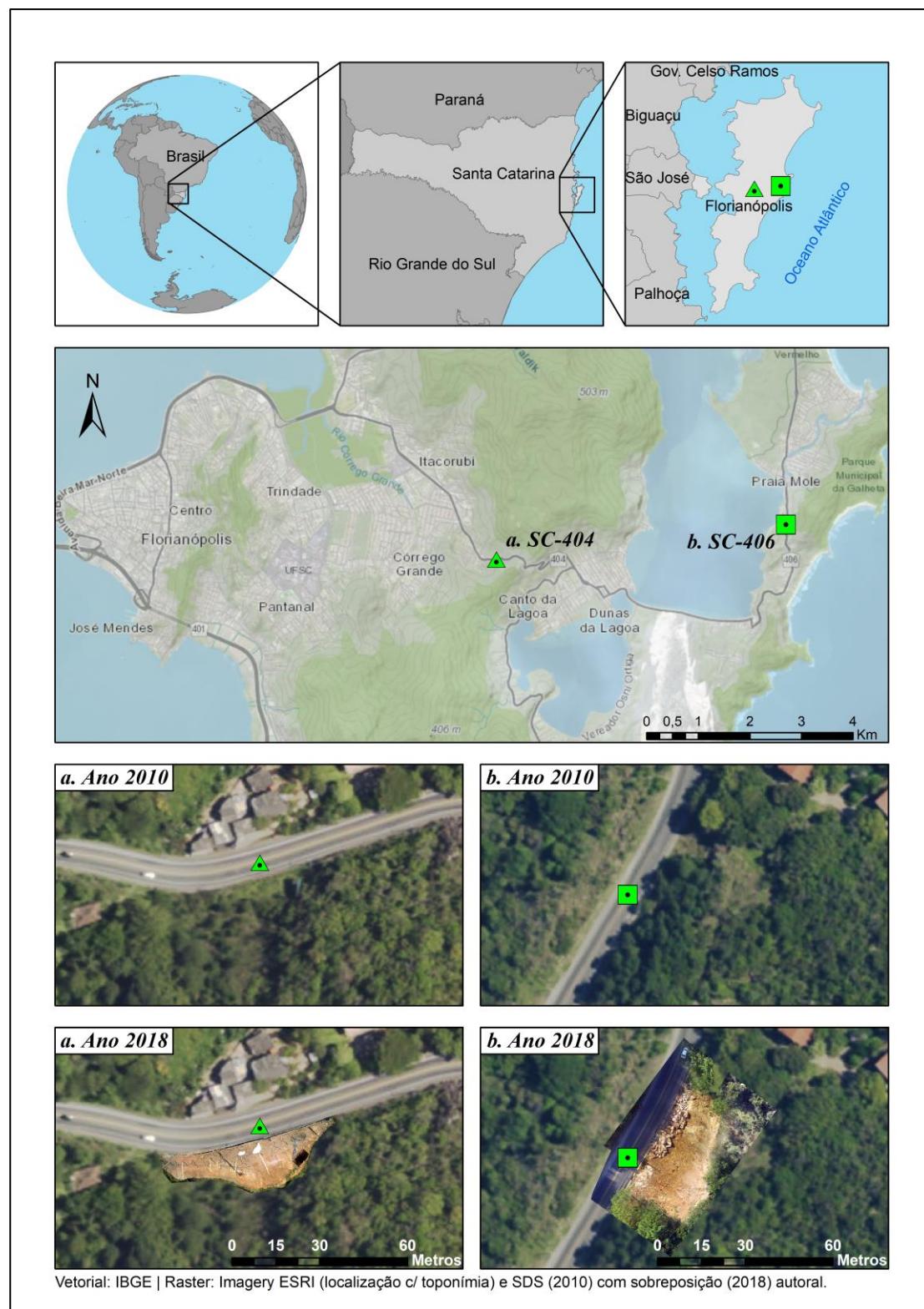
<http://jornaldesantacatarina.clicrbs.com.br/sc/geral/noticia/2014/11/missa-em-ilhota-marca-os-seis-anos-da-tragedia-climatica-de-2008-4647929.html>>

Nos anos subsequentes, foram desenvolvidos trabalhos acadêmicos e eventos científicos a respeito da temática, com destaque, entre outros, ao II Workshop Internacional de História do Meio Ambiente e Sustentabilidade (novembro de 2011) e o 2º Seminário Internacional de Proteção e Defesa Civil (março de 2018), ambos em Florianópolis/SC. O último evento citado ocorreu 10 anos após as catástrofes do Vale do Itajaí (região do Morro do Baú, em Ilhota), onde falas conduzidas pela organização deram voz à diversas instituições de Segurança Pública atuantes em Santa Catarina, como o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina, Polícia Militar, Exército e Defesa Civil. Além destes, estavam presentes diversos órgãos de outros estados da Federação e outras instituições do exterior. No referido encontro foram organizados eixos temáticos e mesas para a discussão a respeito dos desafios enfrentados e compartilhamento dos aprendizados e das experiências em técnicas e metodologias relacionadas à gestão em situações de resposta aos desastres e às respectivas ações práticas.

Visando atuar no campo prático da temática em questão, respeitando o caráter de Mestrado Profissional do Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental da UDESC, no presente trabalho foi elencado como recorte espacial a Ilha de Santa Catarina, onde a pesquisa e a aplicação de metodologia focou a porção insular do município de Florianópolis (Figura 3), capital do Estado de Santa Catarina, localizada na região das Serras do Leste Catarinense, no litoral do estado. Os pontos escolhidos para coleta de dados foram: **a. rodovia SC-404** e **b. rodovia SC-406**, onde ocorreram os dois fenômenos de

movimentos de massa, ambos de grande impacto na mobilidade municipal, por se darem em duas rodovias de grande relevância no tráfego local.

Figura 3 - Localização do município de Florianópolis e áreas de estudo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2018.

A Ilha de Santa Catarina apresenta diversos ecossistemas e tipos de paisagens do bioma Mata Atlântica, como florestas de encosta atlântica, manguezais, restinga, praias, campos de dunas, planícies e morros. As planícies são, em grande parte, compostas por depósitos arenosos advindos dos processos de transgressão e regressão do nível médio do mar, coberto por vegetação característica de manguezal e/ou mata de transição desta com floresta de encosta. Muitas das feições de planícies encontram-se entre as encostas de morros presentes na Ilha (CARUSO JR., 1978). As planícies proporcionam locais geologicamente estáveis e aparentemente hábeis à instalação dos equipamentos de infraestrutura urbana, como ruas e edificações. No entanto, há certa sazonalidade quanto à ocorrência de inundações e alagamentos, geralmente concentrado nos meses de novembro a janeiro, quando o regime pluviométrico é mais intenso (EPAGRI-CIRAM, 2018).

Além das planícies, as encostas dos morros de Florianópolis também são ocupadas. Os morros apresentam solo raso sobre embasamento rochoso cristalino, granitoide, como exposto logo abaixo na Figura 4, onde casas humildes da comunidade do Morro da Penitenciária – assim como diversas outras comunidades do entorno – ocupam as encostas do Maciço do Morro da Cruz, região central da ilha, propensas à ocorrência de fenômenos geomorfológicos, como movimentos de massa.

As condicionantes físicas dos locais podem ser um empecilho quanto ao monitoramento proporcionado pelo serviço público, isto, no tocante da permanência das equipes no local por motivos diversos, como condições climáticas, forma do relevo ou problemas sociais.

Figura 4 - Ocupação em encosta



Fonte: Print Screen do software Google Earth Pro (2018).

Por meio do desenvolvimento de técnicas, da evolução tecnológica, facilitação do acesso e do decrescente custo, equipamentos como RPAS (drones¹), celulares com sensores fotográficos com maior resolução, computadores e softwares cada vez mais robustos, hoje possibilitam a utilização dessas múltiplas ferramentas no campo da prevenção, monitoramento e resposta a desastres. Neste escopo, quanto mais rápidas são as respostas, maiores são as chances de êxito no resgate e salvamento de vítimas com vida e mitigação dos fenômenos, assim, a possibilidade de minimizar danos causados às infraestruturas atingidas por fenômenos geomorfológicos também aumenta.

Imagens de satélite podem ser ótimas fontes de dados quanto à prevenção e resposta a situações de desastres. Soluções avançadas, como a constelação de satélites *SPOT 6 e 7*, por exemplo, oferecem cobertura diária de uma mesma região do globo. Mesmo a uma distância média de 694 quilômetros destes satélites em relação à superfície terrestre, os pixels que compõem a imagem têm uma ótima resolução espacial, de 1,5 metros, de acordo com a *Airbus* (2016), empresa que coordena as operações da referida constelação. Assim, apesar de trabalhosa, a visualização e identificação de cicatrizes na superfície topográfica e estruturas

¹ Drone – sinônimo para “Veículo Aéreo Não Tripulado” (VANT) ou “Remotely Piloted Aircraft System” (RPAS).

como casas e vias de acesso já é possível. Contudo, é preciso ressaltar que a resolução temporal desta tecnologia está sujeita aos empecilhos gerados pelas condições climáticas, ou seja, a cobertura de nuvens pode prejudicar a tomada de imagens.

Veículos aéreos tripulados, como helicópteros, oferecem outra possibilidade para a aquisição de informações a respeito de áreas afetadas por eventos relacionados aos desastres. No entanto, como ocorre com os satélites, as condições meteorológicas interferem diretamente no processo de cobertura aerofotográfica da área de interesse. Quando se trata de veículo aéreo de asa rotatória – helicóptero – a visibilidade é fator determinante, obviamente, desde a decolagem até o alcance da área desejada. Assim, conforme a cobertura de nuvens, a vida da tripulação está sujeita às adversidades climatológicas.

A partir de pesquisa bibliográfica (capítulo 2), coleta de dados espaciais em campo e seu registro em ambiente virtual, experimentação de ferramentas e desenvolvimento de uma plataforma web (capítulo 3). Para tal, foram utilizados sistemas de informações, sistemas de informações geográficas, softwares e plataformas web como ferramentas de gestão e armazenamento de dados com a finalidade de gerar e acessar modelos 3D (eixos xyz, altura, largura e profundidade) e dimensão de acompanhamento temporal, ortofotos e produtos cartográficos, com o intuito de oferecer imersão virtual em situações onde a tomada de decisão *ad hoc* possa ser útil. Deste modo, economizando tempo necessário de pessoal no local para avaliação de danos.

Desta forma, por meio da metodologia proposta (item 3.3.1), das ferramentas (hardware e softwares) e das técnicas de obtenção de dados espaciais por meio de RPAS, o presente trabalho buscou responder a seguinte questão: As ferramentas, integradas conforme a proposta, são capazes dar suporte satisfatório para sistemas de gestão de riscos de desastres e aos órgãos de segurança pública quanto ao monitoramento, prevenção e resposta em casos relacionados a desastres?

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Desenvolver e aplicar metodologia como suporte ao monitoramento, à prevenção e à resposta em situação de desastres com o uso de modelagem 3D e plataforma web.

1.1.2 Específicos

- Propor metodologia e aplicação para o uso de fotogrametria por meio de veículo aéreo não tripulado, fotogrametria de curto alcance por meio de câmera fotográfica, software de modelagem 3D;
- Desenvolver plataforma web de armazenamento e gestão de dados 3D, através de um frame interativo online;

1.2 JUSTIFICATIVA

A sociedade instala-se no território conforme a necessidade e disponibilidade de espaços passíveis à ocupação. Desta forma, os grupos humanos ocupam as mais variadas paisagens geográficas no exercício de suas relações sociais. No entanto, muitas das áreas ocupadas não são adequadas para esta finalidade, isto, por serem áreas que apresentam perigo potencial à vida e a propriedade.

Em Santa Catarina, de acordo com o Relatório de Danos do CEPED/UFSC (2016), os danos materiais advindos de situações de desastre foram em torno de 5,2 bilhões de reais entre os anos de 1995 e 2014. No mesmo período, o prejuízo total, levando em consideração danos à infraestrutura, patrimônio público e privado, bem com setores da economia (indústria, agropecuária e serviços), foi próximo à R\$ 17.600.000,00 (17,6 bilhões de reais).

Sendo assim, é fundamental compreender o meio que se ocupa. Logo, torna-se preponderante para a gestão pública o conhecimento do espaço, isto, por meio da utilização da tecnologia disponível, como hardwares e softwares específicos – como veículo aéreo não tripulado, computador e programa de modelagem 3D a partir de imagens do mundo real. Deste modo, a geração de modelos digitais e produtos cartográficos de altíssima resolução espacial e temporal pode servir como suporte ao monitoramento e à resposta rápida quanto aos fenômenos espaciais em eventos relacionados a desastres. É necessário tempo de experimentação para comprovar que o referido processo é versátil e apresenta baixo custo aos cofres públicos, assim, tornando possível que as esferas administrativas realizem investimentos financeiros e em recursos humanos em troca de um modelo altamente tecnológico e eficaz naquilo que tange suporte à gestão de riscos e desastres.

Assim, o armazenamento em ambiente virtual permite a propagação da informação de modo atemporal e desterritorializado. Gestores podem acessar os dados para gerar informação e conhecimento a respeito de fenômenos mapeados em 3D sem empecilhos quanto ao tempo necessário para a análise *in loco*, como as condições físicas e climáticas que podem dificultar a aferição de medidas e cálculos que, por sua vez, possam dar suporte à geração de relatório de danos e posterior tomada de decisão a partir do mesmo. Como aporte teórico para justificar a virtualização dos fenômenos em modelos 3D para a realização deste trabalho é interessante destacar que:

Quando uma pessoa, uma coletividade, um ato, uma informação se virtualiza, eles se tornam “não presentes”, se desterritorializam. Uma espécie de desengate os separa do espaço físico ou geográfico ordinários e da temporalidade do relógio e do calendário. É verdade que não são totalmente independentes do espaço-tempo de referência, uma

vez que devem sempre se inserir em suportes físicos e se atualizar aqui ou ali, agora ou mais tarde. No entanto, a virtualização lhes fez tomar a tangente. Recortam o espaço-tempo clássico apenas aqui e ali, escapando a seus lugares comuns “realistas”: ubiquidade, simultaneidade, distribuição irradiada ou massivamente paralela. A virtualização submete a narrativa clássica a uma prova rude: unidade de tempo sem unidade de lugar (graças às interações em tempo real por redes eletrônicas, às transmissões ao vivo, aos sistemas de telepresença), continuidade de ação apesar de uma duração descontínua (como na comunicação por secretaria eletrônica ou por correio eletrônico). A sincronização substitui a unidade de lugar, e a interconexão, a unidade de tempo. Mas, novamente, nem por isso o virtual é imaginário. Ele produz efeitos. (Lévy, 1996, p. 23)

1.3 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em 6 partes. Esta primeira parte é referente à introdução da temática – desastres e geotecnologias – para definição dos objetivos, bem como a justificativa para realização deste estudo e escolha da área de interesse. O segundo capítulo elenca o referencial teórico necessário para compreensão das tecnologias – hardwares e softwares – envolvidas na elaboração deste trabalho. Os materiais e a metodologia desenvolvida para integração das tecnologias encontram-se no capítulo três. A quarta parte apresenta os resultados da referida integração e as possibilidades que se abrem a partir dos produtos – modelagem 3D e plataforma web – aqui gerados. Por fim, o quinto capítulo abarca algumas conclusões a respeito da temática abordada e do suporte oferecido pelas tecnologias envolvidas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 RISCO DE DESASTRES

De acordo com o Instituto Geológico/SP (2012, p.13), desastre natural é o fenômeno natural de grande intensidade que atinge área ou região ocupada pelo homem, gerando grave perturbação no funcionamento de uma comunidade ou sociedade. É caracterizado por perdas humanas, materiais, econômicas ou ambientais que podem ser causadas por eventos de “chuvas intensas provocando inundação, erosão e escorregamentos; ventos fortes formando vendaval, tornado”. Estes eventos, em alguns casos, podem ser potencializados pela ação humana. No entanto, também podem ser prevenidos, ou pelo menos seus efeitos minimizados.

Cabe salientar que o termo “desastre natural” pode não ser o mais correto. Allan Lavell et al. (2017) levantam o debate ao destacar que o desastre ocorre onde fenômenos perigosos poderiam acontecer com ou sem a presença humana. Assim:

Esses processos sociais e os riscos que representam são todos resultados de decisões humanas quanto à forma pela qual os recursos (incluindo os lugares) são alocados e utilizados, por quem e para quem. A tomada de decisão humana é moldada por muitas forças e pressões, tanto os incentivos quanto as restrições. As próprias estruturas são construções sociais e, portanto, baseiam-se em decisões e escolhas humanas. Portanto, nosso vocabulário deveria falar em eventos naturais, mas não em desastres naturais. Os desastres são antropogênicos. (LAVELL et al., 2017, p. 101)

O Ministério da Integração Nacional, no documento referente à Política Nacional de Defesa Civil (BRASIL, 2007, p. 9), define desastre como:

- Resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, sobre um ecossistema vulnerável, causando danos humanos, materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.
- A intensidade de um desastre depende da interação entre a magnitude do evento adverso e a vulnerabilidade do sistema e é quantificada em função de danos e prejuízos.

E risco como:

- Medida de danos ou prejuízos potenciais, expressa em termos de probabilidade estatística de ocorrência e de intensidade ou grandeza das consequências previsíveis.
- Relação existente entre a probabilidade de que uma ameaça de evento adverso ou acidente determinados se concretize, com o grau de vulnerabilidade do sistema receptor a seus efeitos. (BRASIL, 2007, p. 9)

Desta forma, nos locais onde o poder público não pode deter o avanço da sociedade sobre o espaço de modo que as próprias comunidades não se exponham a situações de risco de desastres, em muitos casos é possível utilizar a tecnologia disponível para compreender o lugar, planejar ações de resposta e redução de danos.

2.2 SISTEMAS DE INFORMAÇÃO, TECNOLOGIAS E CONHECIMENTO

O processo de construção do conhecimento, para compreensão do espaço e dos fenômenos que nele acontecem, requer o desenvolvimento e uso de técnicas, desde a transmissão de saberes via comunicação oral até a inscrição de signos em superfícies diversas, como desenhos em paredes de cavernas ou letras impressas em papel. Atualmente a tecnologia oferece grande suporte quanto à armazenagem, processamento e requisição de dados e de informação do mundo real no mundo virtual, isto, por meio de hardware e software.

2.2.1 *O mundo virtual*

De acordo com Pierre Lévy (1996), o conceito de virtualização tem sua origem etimológica na palavra latina *virtualis*, derivada de *virtus*, que significa algo dotado de potência e possibilidade. A virtualização das coisas permite alguma liberdade no tempo-espacó quanto à objetos e conceitos virtualizados. Apesar de imaterial, dados, informação e conhecimento são parte do mundo físico/material, são propriedade do mundo material, são da ordem dos acontecimentos. Da mesma forma, há recíproca, pois, a materialidade dos objetos se dá a partir de sua imaterialidade, de suas especificidades conceituais, como sua forma e sua função no espaço. O conhecimento é imaterial, mas depende de materialidade para transitar pelo espaço, depende de átomos e moléculas que compõem o mundo físico, onde a informação é confinada no cérebro do *homo sapiens sapiens*, nos circuitos eletrônicos, nas letras e signos impressos em papel, nos equipamentos que fazem parte, hoje, da rede mundial de computadores.

Quando dotado de conhecimento, o agente social (gestor) pode fazer mudanças drásticas no espaço vivido. Neste escopo, a virtualização do mundo real em modelos 3D pode facilitar a tomada de decisão em situações de risco e/ou desastre, pois:

Os sistemas de realidade virtual transmitem mais que imagens: uma quase presença. Pois os clones, agentes visíveis ou marionetes virtuais que comandamos por nossos gestos, podem afetar ou modificar outras marionetes ou agentes visíveis, e inclusive acionar à distância aparelhos “reais” e agir no mundo ordinário. Certas funções do corpo, como a capacidade de manipulação ligada à retroação sensório-motora em tempo real, são assim claramente transferidas à distância, ao longo de uma cadeia técnica complexa cada vez mais bem controlada em determinados ambientes industriais. (LÉVY, 1996, p. 28)

Para a melhor gestão dos dados levantados, da informação e do conhecimento gerado a partir das múltiplas análises que podem ser feitas em modelos tridimensionais do espaço real, é preciso armazená-los e gerenciá-los em sistemas de informação.

2.2.2 Sistemas de Informação

No mundo contemporâneo sistemas são utilizados diariamente, tanto em organizações empresariais quanto no setor público. Os sistemas são conjuntos de partes inter-relacionadas e interdependentes que, juntas, auxiliam na geração de informação a partir de dados inseridos por usuários de tecnologia de informação, com o intuito de alcançar um ou mais objetivos. Para Laudon e Laudon (2010, p. 12):

Um **sistema de informação (SI)** pode ser definido tecnicamente como um conjunto de componentes inter-relacionados que coletam (ou recuperam), processam, armazenam e distribuem informações destinadas a apoiar a tomada de decisões, a coordenação e o controle de uma organização. Além de dar apoio à tomada de decisões, à coordenação e ao controle, esses sistemas também auxiliam os gerentes e trabalhadores a analisar problemas, visualizar assuntos complexos e criar novos produtos.

Os sistemas de informação contêm informações sobre pessoas, locais e itens significativos para a organização ou para o ambiente que a cerca. No caso, **informação** quer dizer dados apresentados em forma significativa e útil para os seres humanos. **Dados**, ao contrário, são sequências de fatos ainda não analisados, representativos de eventos que ocorrem nas organizações ou no ambiente físico, antes de terem sido organizados e arranjados de uma forma que as pessoas possam entendê-los e usá-los.

Os dados, posteriormente, são analisados e transformados em informação, que, por sua vez, pode ser transformada em conhecimento. O conhecimento, quando tratado, auxilia nas atividades de gestão das organizações, bem como na transformação do espaço. O resultado esperado pela geração de conhecimento é o melhoramento de processos por meio da obtenção de informação de forma rápida, ágil, descomplicada e de boa relação custo/benefício. Um sistema pressupõe a entrada de dados, o processamento de informações e a saída (informação como suporte à geração de conhecimento), que dão embasamento para a tomada de decisão e geram um retorno, ou feedback ao sistema. Desta forma:

Num *sistema de informação*, a entrada corresponde a dados capturados, e a saída envolve a produção de informações úteis, muitas vezes na forma de relatórios. O processamento envolve a conversão ou transformação dos dados em saídas úteis, e o *feedback* pode ser encontrado, por exemplo, nos procedimentos de detecção e correção de erros em dados de entrada (tais como não-aceitação de dados entrados em duplicata ou emissão de alerta sobre valores digitados fora da faixa de valores válidos). (BEAL, 2004, p. 16)

O avanço tecnológico tem revolucionado a forma e a velocidade com que as informações são acessadas e gerenciadas, oferecendo comodidade quanto à gestão integrada da

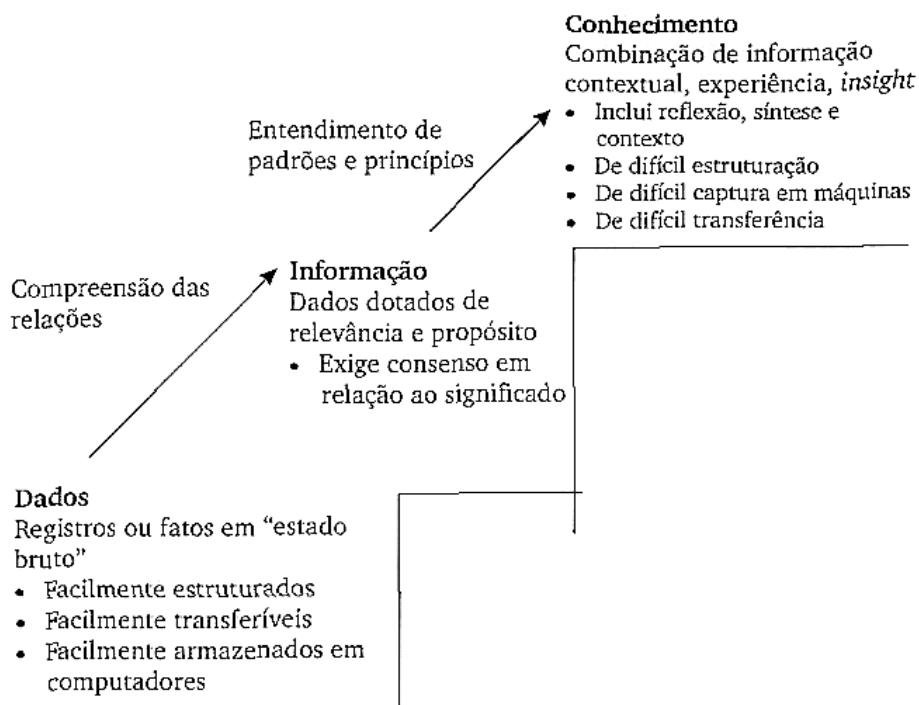
informação. Hoje a virtualização da informação transpõe barreiras de distância e de tempo. Além disso, os sistemas de informação podem ser personalizados conforme a necessidade da organização. Sua forma de apresentação, conhecida como interface ou layout do sistema, pode ser adaptada de infinitas maneiras, pois, apesar de serem armazenados em equipamentos (hardware) no mundo físico, os sistemas são softwares que podem ser moldados por linguagem de programação a qualquer momento. A especificidade de um sistema de informação (SI) depende de cada empresa ou repartição, do tipo de dado trabalhado e da informação gerida.

Os SI são muito versáteis quanto à execução de tarefas e podem ser aplicados a quase qualquer organização. Neste escopo, Laudon e Laudon (2010, p. 12) postulam que:

Três atividades em um sistema de informação geram conclusões que as organizações necessitam para tomar decisões, controlar operações, analisar problemas e criar novos produtos ou serviços. Essas atividades são entrada, processamento e saída. A **entrada** captura ou coleta dados brutos de dentro de uma organização ou de seu ambiente externo. O **processamento** converte esses dados brutos em uma forma mais significativa. A **saída** transfere as informações processadas às pessoas que as utilizarão ou às atividades nas quais elas serão empregadas. Os sistemas de informação também requerem um **feedback**, que é uma resposta à ação adotada a determinados membros da organização para ajudá-los a avaliar ou corrigir o estágio de entrada.

O caminho da informação é, geralmente, estruturado conforme exposto na Figura 5 a seguir:

Figura 5 - Caminho da informação



Este fluxo da informação é um processo contínuo, isto, por meio da inserção dos dados, transformação de dado bruto em informação e, então, geração de conhecimento e feedback.

Dados podem ser entendidos como registros ou fatos em sua forma primária, não necessariamente físicos – uma imagem guardada na memória também é um dado. Quando esses registros ou fatos são organizados ou combinados de forma significativa, eles se transformam numa *informação*. (BEAL, 2004, p. 12)

No presente trabalho, os dados são obtidos a partir de feições de cunho espacial, pois representam fenômenos que acontecem no mundo físico, são de natureza geomorfológica. Quando organizados e dotados de significados relevantes à prática humana, da organização ou instituição, os dados podem ser chamados de informação. Para Pierre Lévy (1996), a informação é redução de incerteza a respeito de algo. Assim, um modelo tridimensional gerado a partir de imagens do mundo real nada significa se a ele não for atribuída a interpretação, a caracterização das feições e atributos como meio de compreender o espaço.

2.2.3 Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e suas tecnologias

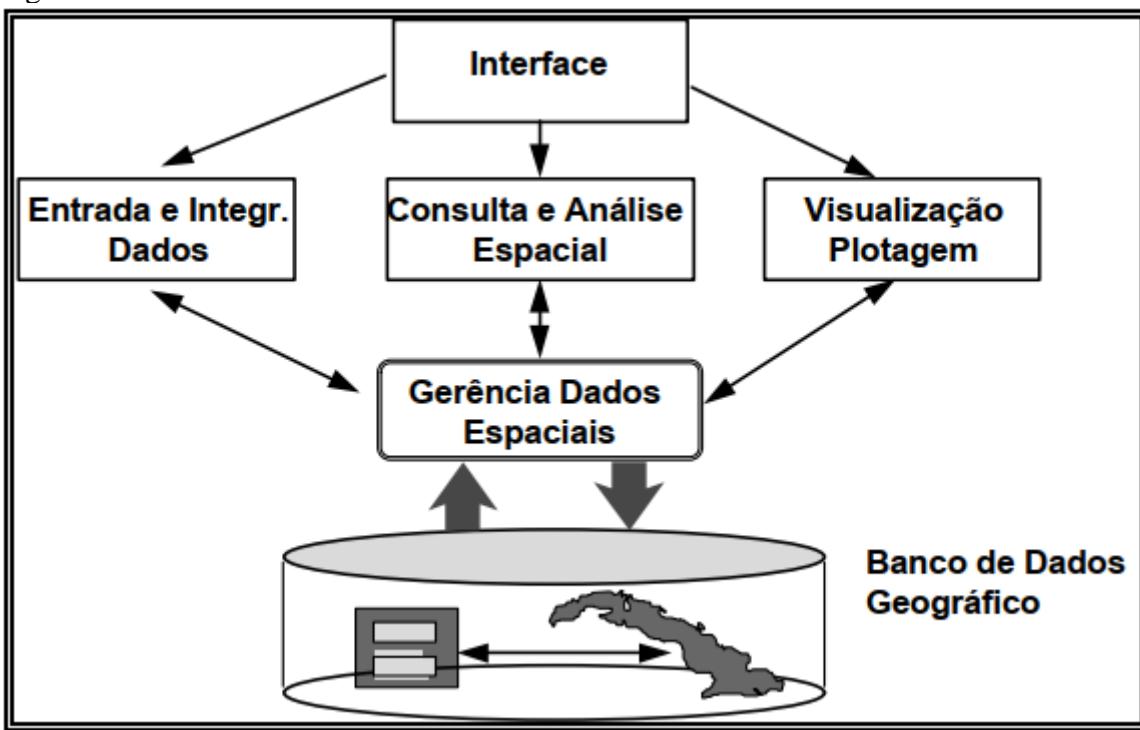
Os Sistemas de Informação Geográfica têm sua gênese muito antes dos sistemas atuais, estes, baseados em plataformas computacionais, em hardware e softwares modernos. Em meados do século XIX a cidade de Londres vinha sofrendo com surtos de cólera, no entanto, em 1854 começou um extermínio da população em virtude da bactéria. Consternado com a situação, o médico John Snow deu início à uma investigação a respeito dos casos na cidade. Por meio da criação deu um mapa e desenvolveu um método semelhante aos realizados em operações nos SIG's modernos. Ele inseriu em seu mapa a localização das famílias afetadas pela cólera e percebeu a concentração da doença ao redor de alguns dos poços de água da cidade. Assim, após o levantamento de dados espaciais, ele gerou informação e conhecimento a respeito da temática, o que auxiliou à tomada de decisão, que foi o fechamento dos poços contaminados. Desta forma, praticamente cessando a proliferação da bactéria entre a população londrina, comprovou a eficácia do sistema de informações geográficas, neste caso, no campo da saúde pública (JOHNSON, 2008).

Os sistemas de informação geográfica hoje estão no plano de interação entre o raciocínio humano e o software por meio de hardware. O termo “Sistema de Informação Geográfica” foi empregado pela primeira vez em 1968, no artigo publicado pelo geógrafo Roger Frank Tomlinson intitulado “A Geographic Information System for Regional Planning”. No entanto,

o surgimento do SIG moderno começou, de fato, em 1962 com a criação do Canadian Land Inventory – CLI, com o objetivo de produzir 1.500 mapas de uso do solo nas escalas 1:50.000 e 1:250.000. Na época os mapas ainda eram produzidos de forma tradicional, ou seja, produção se dava de modo manual. No entanto, Tomlinson convenceu o diretor do CLI que computadores poderiam ser úteis para auxiliar na execução das tarefas de mapeamento. A esta altura, o objetivo da utilização dos computadores era renderizar e fazer perguntas aos mapas por meio da digitalização das informações espaciais, permitindo análises complexas por meio da recuperação de informações armazenadas em um banco de dados espaciais em escala nacional, àquela altura, guardados em fitas magnéticas, o ápice tecnológico para a época (TOMLINSON, 2012).

Atualmente, os softwares de sistemas de informação geográfica se valem dos mais avançados recursos para sua utilização, acompanhando o avanço técnico-científico em hardwares cada vez mais robustos e desenvolvimento de linguagem de programação altamente eficiente quanto ao manuseio, inserção de dados, geração de informação e conhecimento, bem como a recuperação/output para a tomada de decisão exibida num *front-end* – layout, ou apresentação gráfica de um sistema. Para Câmara e Ortiz (1998), a forma estrutural de um SIG se dá pela interação de: i. interface com usuário; ii. entrada e integração de dados; iii. funções de processamento gráfico e de imagens; iv. visualização e plotagem; v. banco de dados geográficos. As relações entre os componentes acontecem conforme exposto na Figura 6 a seguir:

Figura 6 - Estrutura interna de um SIG



Fonte: CÂMARA E ORTIZ (1998).

2.2.3.1 Webmap / webGIS

Armazenados em servidores, os webmaps/webGIS são utilizados diariamente por milhões de pessoas que buscam informações espaciais para os mais diversos fins, como localização espacial para deslocamento pessoal em busca de rotas, para navegação em automóveis, bicicletas ou mesmo a pé, isto, por meio de celular ou computador. Mapas online podem prover informações matriciais em formato raster ou vetores (pontos, linhas e polígonos). O webmap pode ser estático ou dinâmico, dependendo da aplicação e finalidade do mesmo. Atualmente existem diversos provedores de webmaps como: Google, Bing, ESRI, Here, NASA World Wind, Earth NullSchool, Mapas Interativos – IBGE, entre outros. Essas aplicações web permitem a exibição de informações matriciais e vetoriais em camadas que podem ser ativadas ou desativadas conforme a vontade do usuário. Geralmente essas ferramentas são programadas, para ambiente web, por meio das linguagens já mencionadas, HTML, JavaScript e CSS, que juntas formam os aspectos visuais e interativos dessas páginas. A seguir serão apresentadas algumas das variedades de webmaps disponíveis, limitando-se à apresentação das principais funcionalidades e características, pois, não cabe aqui esgotar todas as funções de cada uma das plataformas.

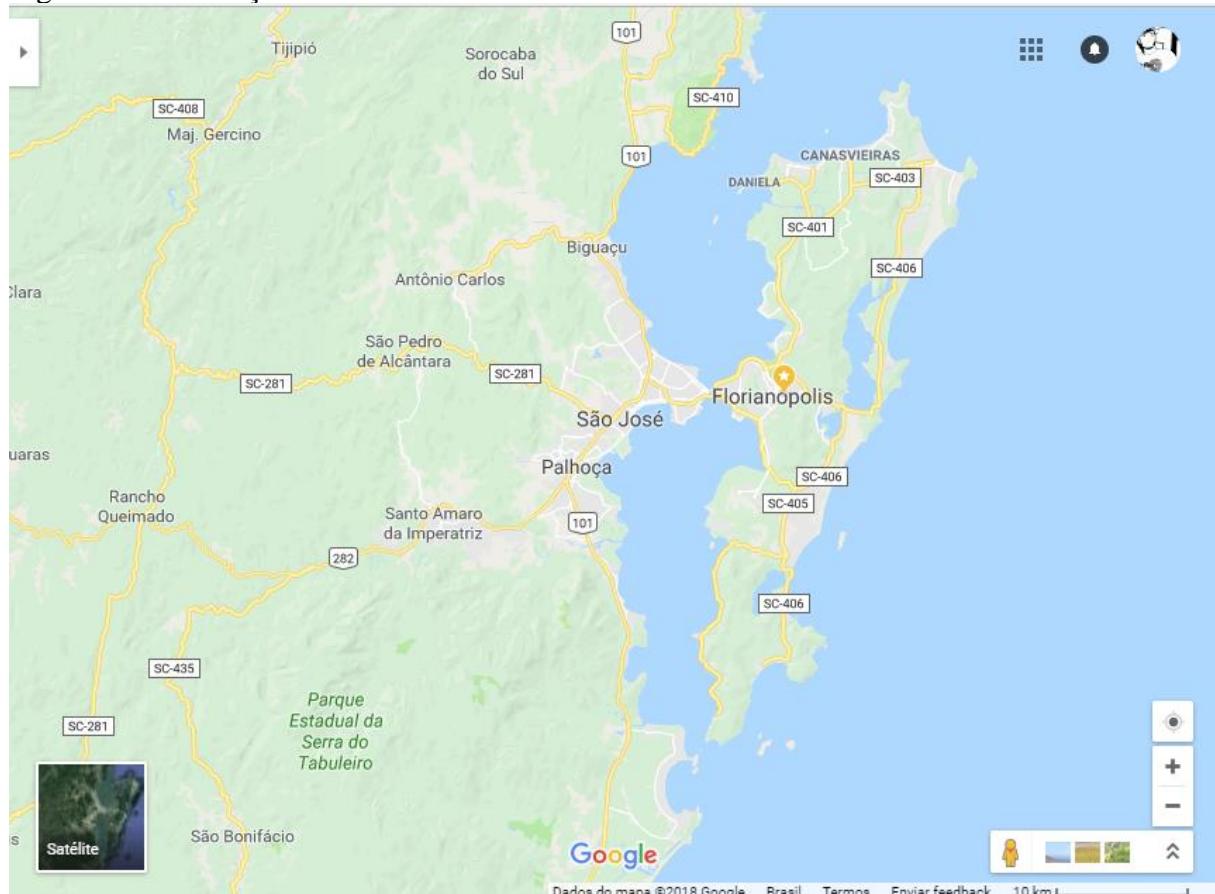
O GoogleMaps é uma das ferramentas mais conhecidas quando se trata de webmap. Ele pode ser acessado via navegador (Chrome, Internet Explorer, Firefox, Safari, entre outros) pelo endereço “www.maps.google.com”. Ele dispõe um enorme mosaico do globo terrestre, composto por imagens orbitais, aerofotos e imagens obtidas por meio de seus carros equipados com câmeras 360 graus. Além das imagens de perspectiva aérea, o GoogleMaps conta com imagens em nível de solo, conhecidas pela função da plataforma intitulada StreetView. Além das imagens matriciais, ou seja, fotografias e imagens de satélite, o Google maps traz informações vetoriais como: limites políticos, arruamentos e ferrovias, pontos de interesse (prédios e equipamentos públicos, pontos turísticos, comércio, etc.), zoneamentos poligonais (área urbana, parques, corpos d’água, entre outros). A Figura 7 e Figura 8, a seguir, trazem as duas formas de apresentação das informações visuais do GoogleMaps:

Figura 7 - Informação matricial



Fonte: Print Screen do Google Maps (2018)

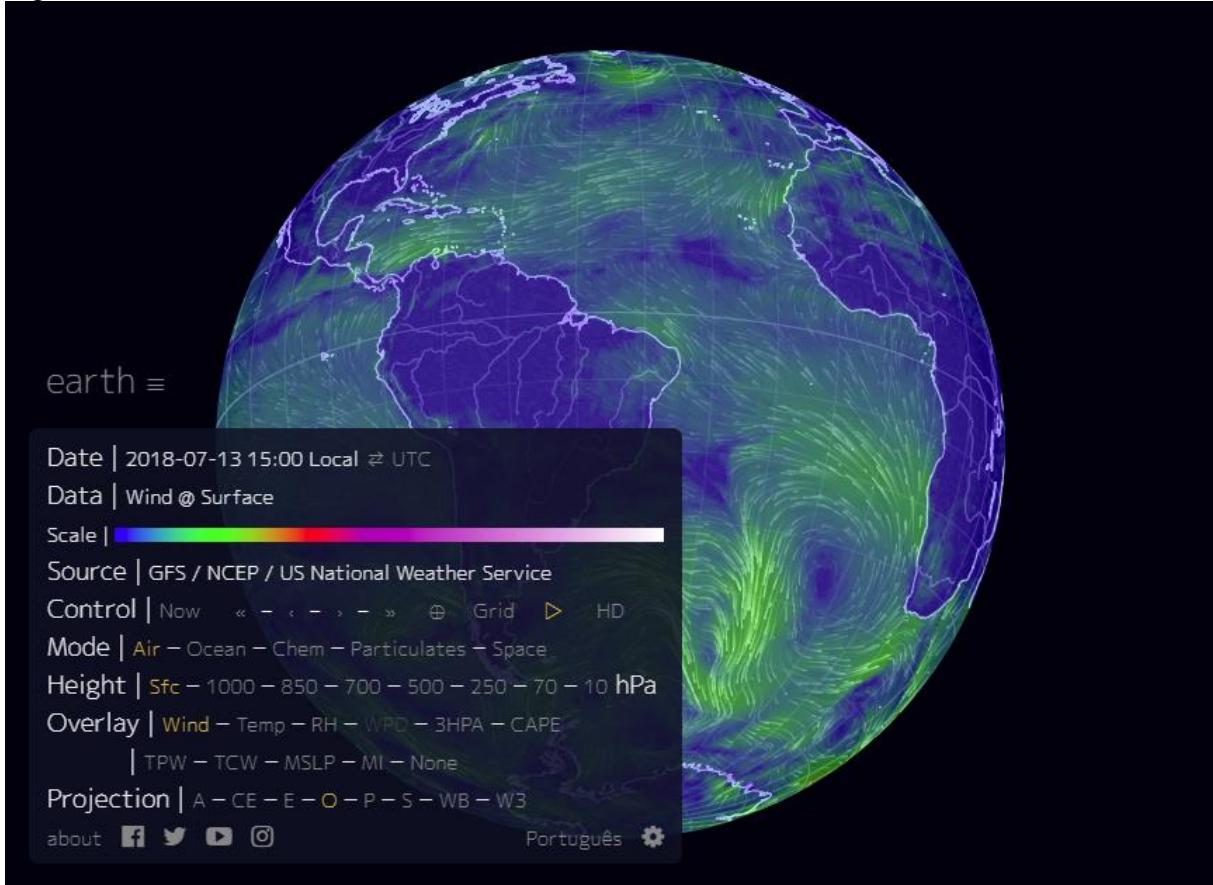
Figura 8 - Informação vetorial



Fonte: Print Screen do Google Maps (2018)

O projeto Earth NullSchool apresenta outros tipos de informações, estas, relacionadas às condições meteorológicas da Terra, onde o usuário pode selecionar a visualização de dados (em diferentes níveis de altitude) como: velocidade do vento; temperatura; umidade relativa; densidade relativa do vento; precipitação total de água; total de cobertura de nuvens;; acumulação de precipitação em espaços de tempo de 3 horas; energia potencial convectiva disponível; pressão do ar; temperatura na superfície oceânica; altura de ondas marítimas; concentração de monóxido de carbono, dióxido de carbono e dióxido de enxofre; concentração de sulfatos; concentração de núcleos de condensação e corpos particulados. Essas informações são obtidas de diversas agências internacionais de monitoramento da Terra em tempo real, salvo atrasos nos sistemas de captação e distribuição do dado (BECCARIO, 2018). O layout de apresentação quando se acessa a plataforma é o seguinte (Figura 9):

Figura 9 - Earth NullSchool



Fonte: Print Screen do Earth NullSchool (2018)

Existem outros exemplos de plataformas web de exibição de dados físicos. No Brasil existe o portal Mapas IBGE, que pode ser acessado em “www.mapasinterativos.ibge.gov.br/sigibge/”. Nele, o usuário pode fazer buscas relacionadas aos biomas, climas, fauna, geologia, potencial agrícola, regiões hidrográficas, relevo, solos, uso da terra e vegetação. Além da simples visualização, na plataforma é possível realizar medidas de distância e área, cruzar camadas vetoriais sobre informações matriciais e obter informações sobre cada polígono da camada selecionada. O mapa base utiliza informação matricial advinda da ESRI. A Figura 10, a seguir, mostra o layout de apresentação da plataforma do IBGE:

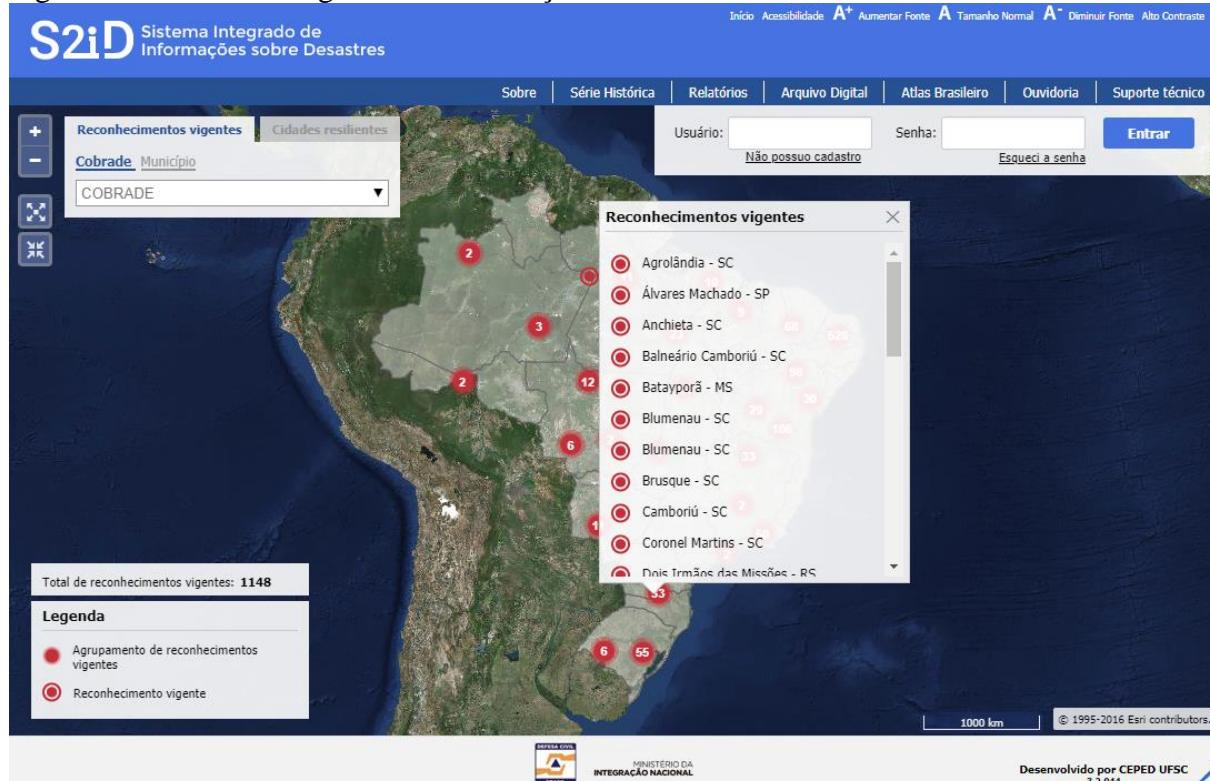
Figura 10 - IBGE, mapas físicos e ambientais



Fonte: Print Screen do portal Mapas IBGE (2018).

No tocante da gestão de riscos e desastres no Brasil, foi desenvolvido pelo Centro de Estudos e Pesquisas em Engenharia e Defesa Civil da Universidade Federal de Santa Catarina – CEPED/UFSC, o Sistema Integrado de Informações sobre Desastres – S2ID. Este sistema tem o intuito de integrar produtos da Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil – SEDEC, tornando transparente a gestão de riscos e desastres nos Brasil. A plataforma é um meio para informatizar e processos e disponibilizar informações sistematizadas. A plataforma permite o registro de desastres ocorridos em municípios/estados, a consulta e acompanhamento de processos de reconhecimento federal de situação de emergência ou de estado de calamidade pública, consulta e acompanhamento de processos de transferência de recursos para ações de resposta, consulta e acompanhamento de processos de transferência de recursos para ações de reconstrução, e, busca de informações sobre ocorrências e gestão de riscos e desastres com base em fontes de dados oficiais (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL, 2018). Essas informações estão georreferenciadas em um mapa exibido na página inicial da plataforma, conforme exposto na Figura 11 a seguir:

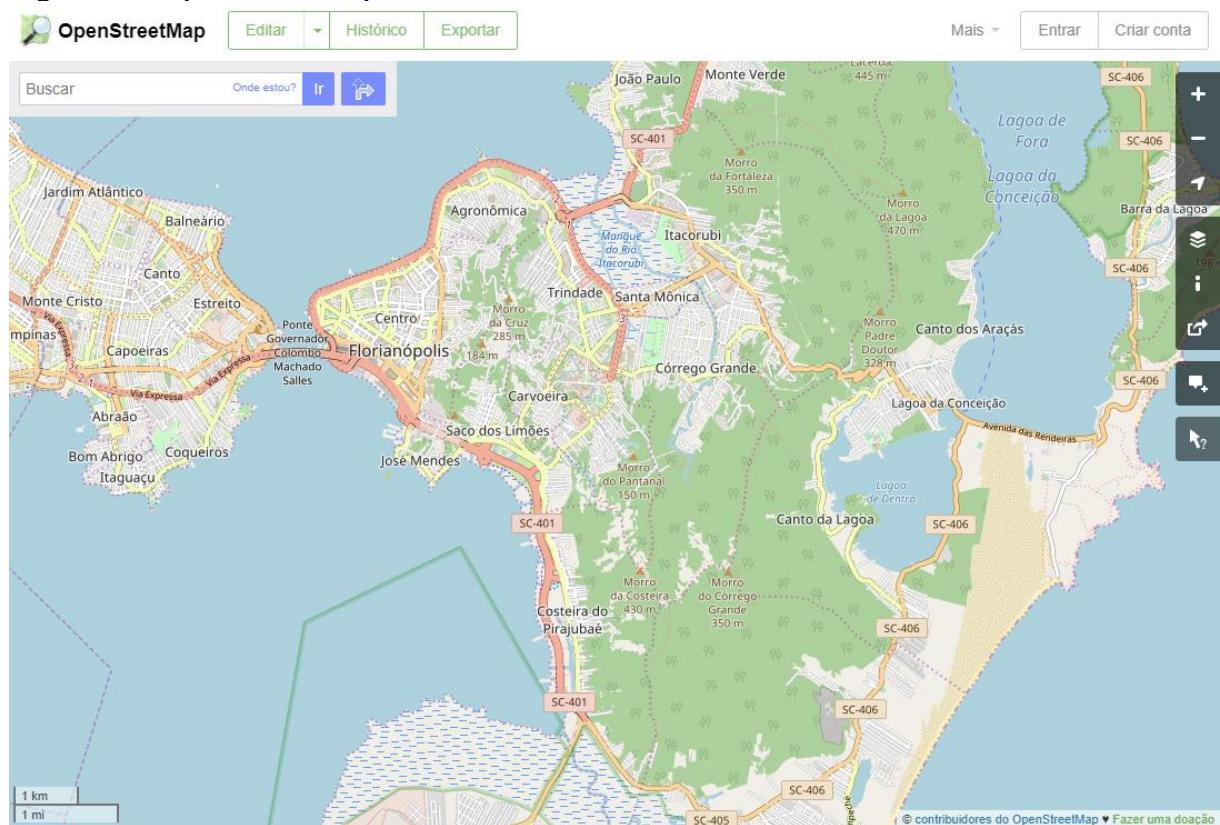
Figura 11 - Sistema Integrado de Informações sobre Desastres



Fonte: Print Screen do S2iD (2018).

Os exemplos citados trazem um aspecto em comum, o webmap. Desta forma, cada um com suas funções, ferramentas e especialidades, estão integrados à um sistema de referência espacial fornecido por um serviço da web, com suporte do Google, da ESRI, do Bing, OpenStreetMaps (OSM), entre outros. O OSM é um serviço de mapa do mundo, de uso livre e licença aberta. A plataforma é desenvolvida por voluntários que mantém atualizadas as informações relacionadas às localizações (exemplo na Figura 12) de estradas, vias, locais públicos, comércio, entre outras.

Figura 12 - Open Street Map



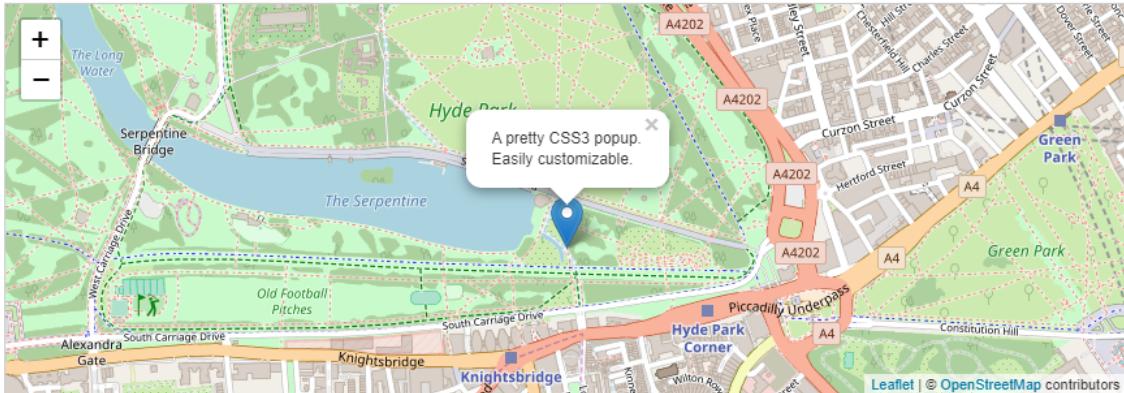
Fonte: Print Screen do OSM (2018)

Além disso, por ser de uso livre, os mapas fornecidos pelo OSM são amplamente utilizados por diversos serviços na web. Um deles é o Leaflet.

2.2.3.2 Leaflet

O Leaflet é uma plataforma que utiliza como mapa base informações provenientes do Open Street Map e disponibiliza para desenvolvedores de apps e plataformas web uma biblioteca JavaScript como ferramenta para criação de aplicações interativas, que permite a criação de pontos, linhas e polígonos sobre uma base cartográfica por meio da linguagem JavaScript e HTML. A Figura 13, a seguir, traz um exemplo de inserção de informação seguida do código fonte de programação necessário para a criação da referida feição:

Figura 13 - Leaflet



Here we create a map in the 'map' div, add tiles of our choice, and then add a marker with some text in a popup:

```
var map = L.map('map').setView([51.505, -0.09], 13);

L.tileLayer('https://s.tile.openstreetmap.org/{z}/{x}/{y}.png', {
    attribution: '&copy; <a href="https://www.openstreetmap.org/copyright">OpenStreetMap</a> contributors'
}).addTo(map);

L.marker([51.5, -0.09]).addTo(map)
    .bindPopup('A pretty CSS3 popup.<br> Easily customizable.')
    .openPopup();
```

Fonte: Print Screen da página web do Leaflet (2018)

2.2.4 Hardware

O hardware é o componente físico do sistema, o meio pelo qual o usuário interage com o software, e, é por onde a informação do mundo físico é transformada em linguagem de máquina para ser armazenada em um banco de dados virtual em um computador ou na nuvem. São exemplos de hardware: celular, tela de computador, teclado, mouse, câmera, microfone, drone/RPA, entre outros. O equipamento hardware é componente fundamental para a aquisição de dados (ENGLANDER, 2011). Isto posto, a seguir estão algumas definições dos hardwares utilizados no presente trabalho:

2.2.4.1 Computador

É no computador que ficam armazenados os dados e softwares. É neste hardware que as informações são processadas. Ele recebe a entrada de dados (input), que abrangem desde imagens captadas por câmeras até os comandos digitados no teclado, então processa os dados

inseridos e retorna um resultado (output). A maioria dos computadores funciona a partir da interação dos dados armazenados no HDD (hard drive disk) ou SSD (solid state drive) com o CPU (central processing unit), que processa, e a memória RAM (random access memory), que armazena dados que precisam ser acessados de maneira mais rápida ou mais recorrentemente, como dados que estão sendo processados naquele momento. Dependendo do tipo de aplicação, pode ser necessário adicionar uma GPU (graphic processing unit) como suporte ao processamento. Diferente de outras máquinas, como o telefone para fazer telefonemas e a cafeteira que faz café, o computador é uma máquina capaz de realizar diversas tarefas, desde a edição de textos e imagens até a criação de bancos de dados complexos e controle de outras máquinas. Para tal, o computador necessita de comandos e programação para a realização das tarefas desejadas, isto, por meio do armazenamento de dados, como números, palavras, imagens e etc. O computador, por mais sofisticado que seja, não possui inteligência. O que ele faz, independente da complexidade da tarefa, é executar operações simples, no entanto, em alta velocidade. Esta ferramenta é um dos meios pelo qual, hoje, a informação é gerada. Contudo, apesar do avanço tecnológico, depende ainda da cognição humana, afinal, é ela que norteia as operações e dão sentido para o uso do equipamento (HORSTMANN e FURMANKIEWICZ, 2009).

2.2.4.2 Câmera

Câmeras, por exemplo, são sensores que capturam ondas eletromagnéticas, emitidas de fontes luminosas ou refletidas por superfícies, que podem ser bandas espectrais dentro da faixa da luz visível, ou outros espectros, como o infravermelho ou ultravioleta. Para Oliveira (1993, p. 67), é uma “caixa à prova de luz em que a imagem dum objeto exterior é projetada numa chapa sensibilizada ou filme, através dum orifício, equipado, geralmente com uma lente, ou várias lentes, um obturador e uma abertura variável”. Estes sensores podem ser carregados pelo usuário, podem estar presos a outros objetos ou embarcados em variadas plataformas, como satélites, aviões, drones/RPA, etc.

2.2.4.3 DRONE/RPA

Colomina e Molina (2014) e Uysal et. al (2015) elencam diversos sinônimos que para drones, como, em inglês, UAV – *Unmanned Aerial Vehicle*, UAS – *Unmanned Aerial System*,

RPAS – Remotely Piloted Aerial System, RPV – Remotely Piloted Vehicle, ROA – Remotely Operated Aircraft, RC – Remote Controlled Helicopter, UVS – Unmanned Vehicle Systems, entre outros. Em português, para se referir a estes equipamentos é utilizado o termo VANT – veículo aéreo não tripulado – entre outros, como ARP – aeronave remotamente pilotada – ou mesmo “drone”.

Drones são equipamentos do tipo “veículo aéreo não tripulado”, ou seja, não transporta um piloto humano – voa por meio de controle remoto ou de forma autônoma – e pode transportar carga letal ou não letal. Podem ser do tipo que voam milhares de quilômetros até drones de poucos centímetros de diâmetro que voam em locais fechados. Já veículos balísticos e semi-balísticos não podem ser considerados drones, nem misseis de longo alcance, projéteis de artilharia, torpedos, minas ou satélites. Avanços em aspectos técnicos de fabricação, como capacidade em sistemas de controle remoto, sistemas de navegação e melhoramento de baterias fazem dos drones equipamentos arrojados em diversas situações difíceis, perigosas ou impossíveis para humanos. Desta forma, diferentes tipos de modelos e de carga podem ser utilizados para diferentes tipos de missão, como reconhecimento, patrulha, proteção transporte de cargas, etc. (Hassanalian e Abdelkefi, 2017)

Os mesmos autores, apud Watts et al., elencaram diversas classificações para drones, estas, de acordo com suas características (tamanho, tempo de voo e capacidades). Eles podem ser:

- MAV – Miniature Air Vehicle
- NAV – Nano Air Vehicle
- VTOL – Vertical Take-Off and Landing
- LASE – Low Altitude, Short Endurance
- LALE – Low Altitude, Long Endurance
- MALE – Medium Altitude, Long Endurance
- HALE – High Altitude, Long Endurance

Além destas classificações, Arjomandi et al. classificam drones em categorias (com base no peso, resistência, altitude máxima e tipo de motor) elencadas a seguir:

- Super-heavy – Mais de 2000 quilos
- Heavy – Entre 2000 e 200 quilos
- Medium – Entre 200 e 50 quilos

- Light/mini – Entre 50 e 5 quilos
- Micro – Menos de 5 quilos

Os drones de uso civil são divididos em duas principais categorias:

2.2.4.3.1 Asa-rotativa

Esta categoria abrange os equipamentos que se assemelham a helicópteros, pois, possuem hélices que os projetam em decolagens e poucos verticais. Estes equipamentos possuem, geralmente, de 3 à 8 rotores, conforme a **Error! Reference source not found.**¹⁴ a seguir:

Figura 14 - Drone multi-rotor DJI Matrice 100



Fonte: DJI, 2016.

2.2.4.3.2 Asa-fixa

Diferente dos multi-rotores, os drones do tipo asa-fixa se assemelham a aviões comuns. Além disso, outra grande diferença é a área de cobertura, pois, em função da sustentação oferecida por suas asas, necessita uma quantidade menor de esforço dos motores para manter o voo. Os VANTs deste tipo (Figura 15) são muito utilizados em operações militares. O uso civil deste equipamento tem como origem práticas de hobby em aeromodelismo.

Figura 15 - Drone asa-fixa. Modelo ECHAR 20B



Fonte: Doctor Drone (2015) - disponível em <http://doctordrone.com.br/echar-20b-xmobots/> <acessado em 15/02/2017>

Atualmente existem drones híbridos, que são a fusão entre as duas categorias acima referidas, como o modelo Falcon Vertigo exposto na Figura 16 a seguir:

Figura 16 - Drone híbrido Falcon Vertigo



Fonte: UAS VISION (2017). Disponível em: <https://www.uavvision.com/2017/02/22/affordable-ready-to-fly-hybrid-vtol-drone/> <acesso em: 04/08/2018>

Os drones também variam quanto ao tamanho. Alguns modelos de uso civil podem ter centímetros de tamanho, enquanto outros, de uso militar, são verdadeiros aviões de caça. Os modelos de uso civil são utilizados em práticas de hobby que incluem fotografia, filmagem e esportes, como a corrida de drones promovida pela Drone Racing League. Nestes eventos pessoas guiam drones por meio de controles de rádio frequência e visores, que transmitem em alta velocidade as imagens captadas pela câmera instalada nos VANT, enquanto desviam de obstáculos e completam circuitos montados em grandes estádios.

Enquanto os drones mais comuns, como os da série Phantom da DJI e similares, têm em média 300mm a 600mm, UAVs militares podem ter mais de 35 metros de comprimento. O *RQ-4 Global Hawk* (Figura 17), por exemplo, é um exemplo de VANT de uso militar de grande porte, medindo 13,4m de comprimento x 35,3m de largura x 4,6m de altura, que pode voar por 36 horas com carga de até 907kg, velocidade máxima de 650km/h, com alcance máximo de 22.224 quilômetros (MILITARY FACTORY, 2016).

Figura 17 - Drone militar RQ-4 Global Hawk

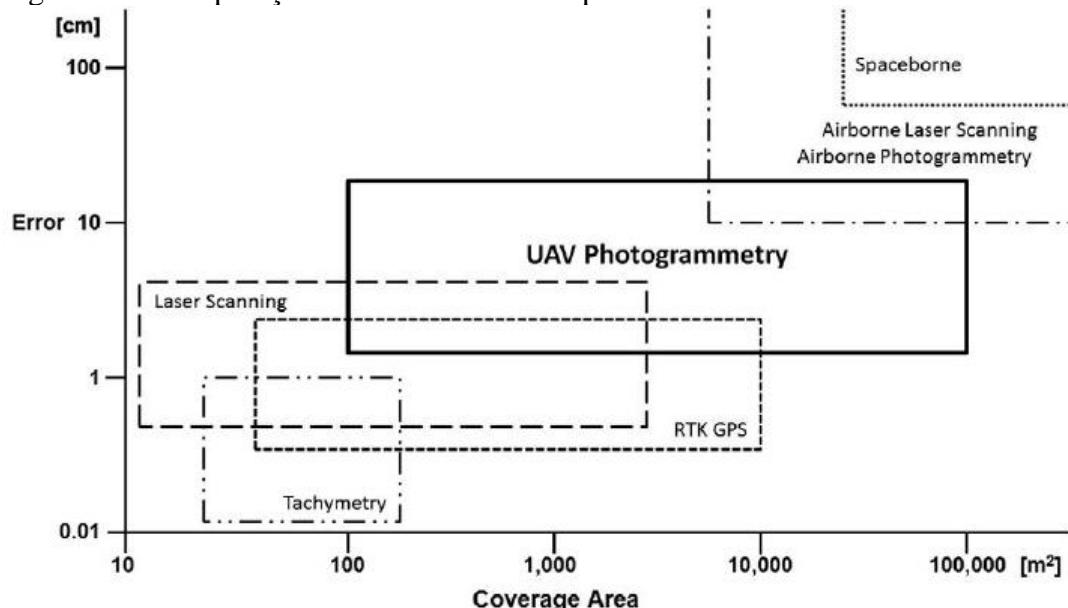


Fonte: Northropgrumman – disponível em
http://www.northropgrumman.com/MediaResources/Pages/Photo.aspx?pid%3DGH-10021_040%26rel%3D%2F%26name%3DPhotos <acessado em 15/02/2017>

Seibert e Teizer (2014) destacam a praticidade e eficiência quanto ao uso de VANT em comparação a outras plataformas para o mapeamento digital (Figura 18). Utilizando hardware e software para a fotogrametria moderna, os produtos que podem ser gerados, a partir das

tecnologias e produtos desenvolvidos nas últimas décadas, como MDE e ortofotos digitais, oferecem suporte a aplicações de manejo florestal, classificação e uso do solo, monitoramento de áreas de risco e fluxos de energia diversos, inspeções baseadas em sistemas de sensoriamento remoto, bem como a própria fotogrametria e modelagem 3D.

Figura 18 - Comparação entre técnicas de mapeamento e nível de detalhe



Fonte: SIEBERT e TEIZER, 2014.

Além disso, os drones são capazes de oferecer suporte ao monitoramento e manutenção de estruturas viárias, áreas rurais de plantio extenso, tubos condutores de água, óleo e gás e linhas de transmissão elétrica. Outro ponto que merece destaque é a geração de modelos de alta qualidade e relativa precisão sem a necessidade de expor o operador a possíveis riscos e/ou situações de perigo oferecido pelos meios socioambientais. Em seu trabalho, estes autores compararam a utilização de drones com a tecnologia aerotransportada LiDAR² em função de sua alta precisão e cobertura de áreas extensas, porém, em detrimento de alto custo financeiro. Com menor capital investido, os VANT's auxiliam a geração de produtos muito semelhantes ao LiDAR na geração de nuvem de pontos.

² LiDAR – Light Detection And Ranging é uma tecnologia de captura de pontos em superfícies pela emissão de pulsos laser. O tempo de resposta do laser a partir da emissão e reflexão no anteparo determina a distância, quando o reflexo é captado pelo sensor do equipamento. Este procedimento gera um produto computacional chamado de “nuvem de pontos”, onde são projetados em uma matriz tridimensional de visualização amigável na tela do computador para identificação das formas mapeadas.

Segundo o site *Drone Industry Insights* (2016) especialista em análises comerciais dos segmentos de VANT, o mercado mundial de drones é dominado pela empresa chinesa *DJI*, seguido pela fabricante francesa de drones recreativos, *Parrot*. A fabricante de eletrônicos *Xiaomi*, também chinesa, vem assumindo uma sólida posição no mercado mundial, lançando em maio de 2016 seu primeiro drone multi-rotor, intitulado “*Mi Drone*”, que apresenta as mesmas características e custa a metade do preço do “*Phantom IV*” da *DJI*.

2.2.4.3.3 Matrice 100

O Matrice 100 é um RPA multirrotor, quadricóptero, equipado com GPS. O sensor fotográfico, o *DJI Zenmuse X3*, filma em alta resolução, 4K (3840 x 2160 pixels a uma taxa de 30 quadros por segundo [fps – frames per second]), 1080p (1080 x 1920 pixels a 120fps) e fotografa em 12MP (3000 x 4000 pixels).

De acordo com o fabricante, o drone pesa aproximadamente 2,5kg, tem autonomia de 19 minutos de voo se equipado apenas com a câmera e, com uma carga de até 1kg, 13 minutos. Tem alcance de 5km, sua velocidade máxima é de 79km/h e resiste a ventos de até 36km/h. As temperaturas ideais de operação ficam entre -10°C e 40°C (DJI, 2015).

2.2.4.3.4 Phantom 3

De acordo com o site “*dronesglobe.com*” (2018) este RPA é um dos mais vendidos no mundo. Atualmente está disponível no mercado a 4^a geração deste produto. No presente trabalho, o equipamento da 3^a geração, pertencente à Defesa Civil, foi utilizado para o mapeamento de uma feição de cicatriz de movimento de massa localizada em uma encosta na rodovia SC-406, em Florianópolis/SC, próxima à entrada do bairro Barra da Lagoa.

Assim como o *Matrice 100*, o *Phantom* também é fabricado pela empresa chinesa *DJI*. Ele vem equipado com uma câmera de 12MP para fotografias e filma em até 4K/30fps. Este drone pesa aproximadamente 1,2kg, tem autonomia de 25 minutos e um alcance máximo de 6km. Outras informações relevantes concernem ao sistema de posicionamento (GPS/GLONASS), que tem uma precisão horizontal de até 1,5m e vertical de até 0,5m, e às temperaturas mínima e máxima de operação, sendo o gradiente ideal entre 0°C e 40°C (DJI, 2016).

Estes drones carregam câmeras de alta resolução. Estes sensores fotográficos são peça chave no processo de aquisição de imagens que, por sua vez, fazem parte dos itens necessários para a geração dos produtos tridimensionais deste trabalho. O processo para a identificação de formas tridimensionais é dado a partir da fotogrametria.

2.2.4.4 Fotogrametria

Schenk (2005) resgata a origem etimológica da palavra “fotogrametria”, onde *phos* ou *phot* significa luz, *gramma* é referente à carta ou algo escrito e *metrein* é substantivo de medição. O mesmo autor define fotogrametria como a ciência de obtenção de informações fidedignas sobre as propriedades de superfícies e objetos (sem o contato físico com estes objetos), bem como a medida e interpretação destas informações.

Para tal, são obtidas imagens dos objetos em pares, com certo deslocamento horizontal ou vertical entre as imagens, de modo que as mesmas cubram uma área de pelo menos 60% da imagem anterior ou subsequente numa mesma direção.

Tommaselli (2009) ainda destaca que a fotogrametria é uma área dentro do sensoriamento remoto, onde pode ser subdivida em Aerofotogrametria, para fotos tomadas de aeronaves; Fotogrametria Terrestre para tomadas em posição fixa no terreno; Fotogrametria Espacial para tomadas extraterrestres; e a Fotogrametria a Curta-Distância, onde as tomadas são realizadas próximas ao objeto de estudo, variando em distâncias de metros a centímetros. Este processo, em ambiente computacional dá origem aos modelos digitais que servem como suporte à geração de mapas diversos.

2.2.4.4.1 Modelo digital

Para a cartografia, mais especificamente de acordo com Oliveira (1993) no Dicionário Cartográfico, modelo é a “representação em escala pequena daquilo que se pretende representar em escala grande”. Neste trabalho os modelos são de cunho computacional, gerados a partir do processamento de imagens estereoscópicas e fotogrametria digital com finalidade de criação de nuvem de nuvem de pontos, que são pontos distribuídos em uma matriz 3D que formam representações de objetos imageados (Figura 19) que darão suporte à geração de mapas base para produtos cartográficos de alta resolução espacial e alta resolução temporal.

Figura 19 - Nuvem de pontos

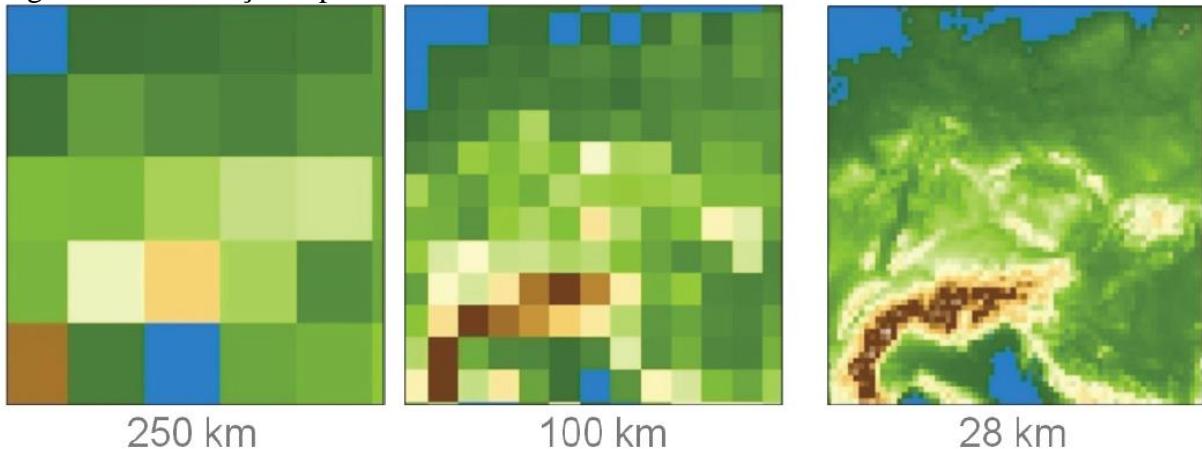


Fonte: Produção autoral. Print do Photoscan (2018)

2.2.4.4.2 Resolução espacial

A resolução espacial está ligada a qualidade da imagem ou modelo gerado a partir do processamento de dados captados por foto-sensores. No Dicionário Cartográfico de Oliveira (1993) resolução é caracterizada pela distância ou tamanho detalhe mínimo entre dois pontos no modelo. Em produtos fotográficos, ou modelos digitais, quanto menor o pixel que compõe a imagem, logo, maior é a resolução. O que acontece é: o sensor do satélite tem milhares (ou até milhões) de sensores que registram a luz capturada que, então, é convertida em dados conhecidos como pixels. Quanto mais longe do objeto estiver o sensor, menor é a capacidade do sensor remoto para registrar os detalhes do que estiver distante. A Figura 20 a seguir mostra três exemplos de resolução espacial, onde a imagem da esquerda (em baixa resolução) mostra poucos detalhes de uma região, em contraponto com a imagem da direita (de resolução mais alta) que mostra muito mais detalhes da mesma região.

Figura 20 - Resolução espacial



Fonte: Hans-Jürgen Panitz, 2014.

Em função da proximidade do VANT em relação à superfície, o drone consegue obter uma resolução espacial muito maior se comparado com a maioria dos satélites na órbita terrestre, dependendo do sensor fotográfico, é claro. Por isso, outra grande vantagem do drone é a alta resolução temporal.

2.2.4.4.3 Resolução temporal

Resolução temporal é a capacidade de obter imagens de uma mesma região (LIU, 2007). Satélites e aviões oferecem a possibilidade de cobrir grandes áreas, porém, para tal, necessitam de grandes investimentos financeiros para sanar a demanda, e, também, os satélites estão sujeitos à velocidade da órbita para passar duas vezes sobre a mesma região. Além disso, tanto os aviões quanto os satélites, dependem das condições meteorológicas para realizar a captura de imagens da superfície. Logo, de acordo com a cobertura de nuvens, muitas vezes não é possível obter imagens da região desejada. Assim, é preciso aguardar a condição ideal para a obtenção do produto. Drones podem voar abaixo das nuvens, sem sujeitar a vida humana a perigos, pois o piloto permanece em solo e, muitas vezes, a grandes distâncias da área a ser mapeada. Além disso, muitos voos podem ser realizados no mesmo dia, ou em curtos espaços de tempo.

2.2.5 Software

O processo de criação de produtos cartográficos necessitada de diversas ferramentas de obtenção de dados espaciais. Softwares são os programas e aplicativos que, por meio do computador, executam tarefas pré-definidas pelos códigos de linguagem de programação. Dentre eles, aqui destaca-se os softwares de criação de missões para planos de voo; processamento de imagens e fotogrametria para a geração de modelos 3D; Sistema de Informação Geográficas; programação; plataformas online de armazenamento de dados; e, site online de hospedagem de modelos 3D. Deste modo, é pertinente o conhecimento das seguintes tecnologias:

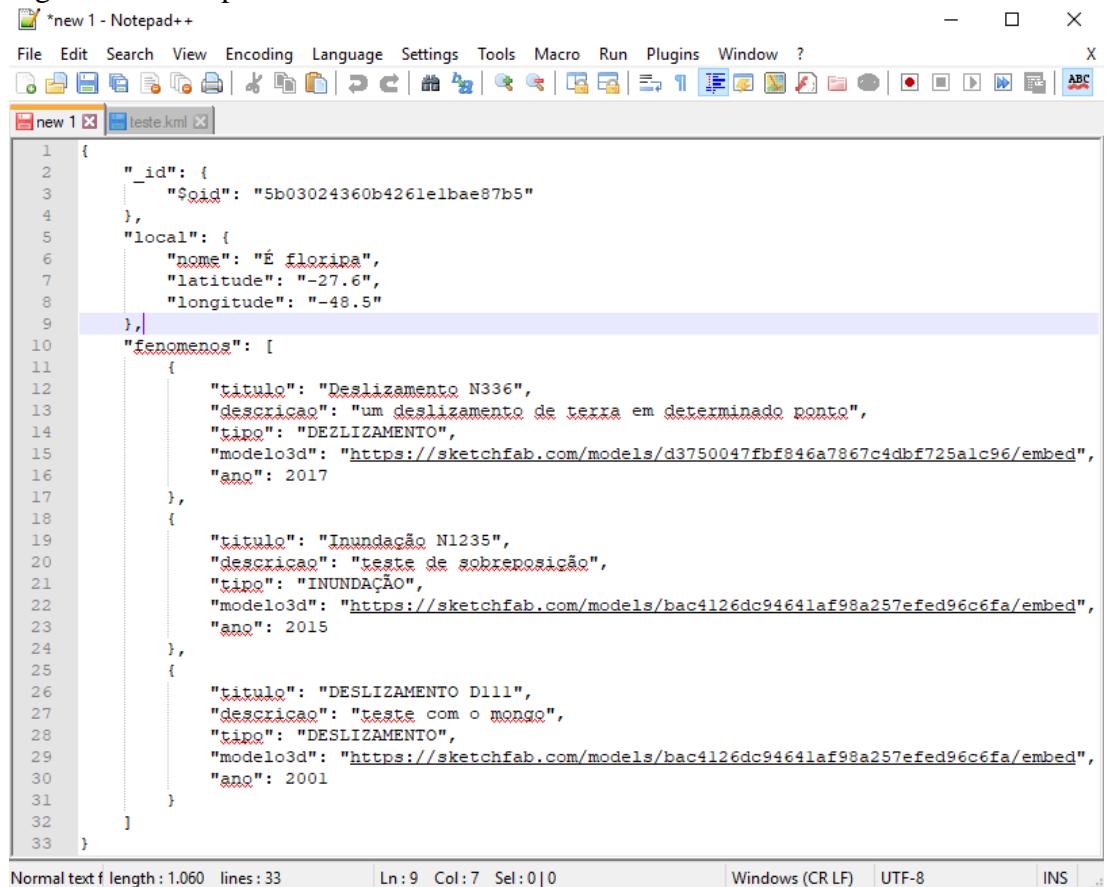
2.2.5.1 Programação

De acordo com índice Tiobe – Programming Community Index (2018) as 20 linguagens de programação mais utilizadas para criação de *back-end* (codificação do programa), em ordem de consulta realizada ao redor do globo por buscadores como *Google*, *Yahoo!* e *Bing*, por exemplo, são: *Java*, *C*, *C++*, *Python*, *C#*, *Visual Basic .NET*, *PHP*, *JavaScript*, *SQL*, *R*, *Ruby*, *Objetive-C*, *VisualBasic*, *Perl*, *Swift*, *Assembly Language*, *MATLAB*, *Go*, *Delphi/Object Pascal*, *PL/SQL*. A linguagem de programação consiste nos comandos dados para a máquina executar funções e transformar dados em output e informação visual, o que caracteriza qualquer software. Em virtude da ampla versatilidade e capacidade de modelagem, para este trabalho o enfoque estará nas linguagens Java e JavaScript, o que permitiu a criação da plataforma web estruturada em HTML por meio do Notepad ++.

2.2.5.1.1 Notepad ++

O Notepad++ (Figura 21) é um software livre para edição e desenvolvimento de código fonte nas seguintes linguagens: C, C++, Java, C#, XML, HTML, PHP, JavaScript, makefile, ASCII art, doxygen, ASP, VB/VBScript, Unix Shell Script, BAT, SQL, Objective-C, CSS, Pascal, Perl, Python, Lua, Tcl, Assembly, Ruby, Lisp, Scheme, Smalltalk, PostScript e VHDL.

Figura 21 - Notepad++



```

1  {
2      "_id": {
3          "$oid": "5b03024360b4261elbae87b5"
4      },
5      "local": {
6          "nome": "É floripa",
7          "latitude": "-27.6",
8          "longitude": "-48.5"
9      },
10     "fenomenos": [
11         {
12             "titulo": "Deslizamento N336",
13             "descricao": "um deslizamento de terra em determinado ponto",
14             "tipo": "DESLIZAMENTO",
15             "modelo3d": "https://sketchfab.com/models/d3750047fbf846a7867c4dbf725a1c96/embed",
16             "ano": 2017
17         },
18         {
19             "titulo": "Inundação N1235",
20             "descricao": "teste de sobreposição",
21             "tipo": "INUNDAÇÃO",
22             "modelo3d": "https://sketchfab.com/models/bac4126dc94641af98a257efed96c6fa/embed",
23             "ano": 2015
24         },
25         {
26             "titulo": "DESLIZAMENTO D111",
27             "descricao": "teste com o mongo",
28             "tipo": "DESLIZAMENTO",
29             "modelo3d": "https://sketchfab.com/models/bac4126dc94641af98a257efed96c6fa/embed",
30             "ano": 2001
31         }
32     ]
33 }

```

Normal text f length : 1.060 lines : 33 Ln: 9 Col: 7 Sel: 0 | 0 Windows (CR LF) UTF-8 INS .:

Fonte: Print Screen do software Notepad++ (2018).

2.2.5.1.2 HTML, JavaScript e CSS

HTML, JavaScript e CSS são, basicamente, as três principais tecnologias pelas quais a internet é dada como a conhecemos hoje. É importante salientar que não cabe esgotar os termos deste tópico, pois cada linguagem é altamente complexa e possibilita incontáveis combinações para configurações de páginas.

O HTML - HyperText Markup Language (linguagem de marcação de hipertexto) é uma linguagem de “tag” (ou marcações), palavras em forma de hipertexto que podem ser relacionadas à documentos externos ao documento na qual estão inseridas, como um link em uma página que remete à outra. Também podem ser comandos estruturados que executam funções. Este tipo de linguagem foi criada nos anos 60, conhecida como SGML – Standard Generalized Markup Language, para definir e identificar dados (LANE et al., 2008).

No entanto, apesar de já existir há algumas décadas, a linguagem foi aperfeiçoada para utilização em maior escala no final dos anos 80, quando o físico Timothy John Berners-Lee, no

CERN (Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire), se deu conta da quantidade de informação gerada e perdida nos arquivos da instituição, cujo os laboratórios, àquela altura, estavam distribuídos em 19 países da Europa. O intuito da criação do hipertexto era linkar informações de diferentes documentos, os relacionando conforme a necessidade, diminuindo ambiguidades na construção de conhecimentos em temas relacionados. Mais tarde, esse formato de relação entre arquivos de diferentes fontes deu base fundamental para a criação do que conhecemos hoje como a Rede Mundial de Computadores, ou World Wide Web (ROCHA, 1999).

Quando o navegador se depara com um arquivo qualquer, ele precisa entender do que se trata aquele tipo de informação a ser lida. É o que acontece quando se acessa uma página na web. A função realizada é estruturada da seguinte forma: “<!DOCTYPE html>”. Assim, o navegador web (Internet Explorer, Chrome, Firefox, etc) o identifica como HTML. O título de uma página acessada que é mostrado em um navegador, por exemplo, tem sua função bem definida como sendo um “título” em função da tag que o precede, para tal, a sintaxe é “<title> *título desejado* </title>”. Para cada função, como no exemplo anterior, é preciso abrir e fechar a tag. A regra também se aplica ao corpo da página e a posição que cada elemento assume na mesma (ROCHA, 1999). Na Figura 22, a seguir, é possível verificar a estrutura de um documento do tipo HTML, onde se encontram os comandos referentes à cada elemento da estrutura, como o tipo de documento, o título da página (title) e o corpo (body), que é basicamente a mesma para qualquer página (salvo diferentes níveis de complexidade de cada página):

Figura 22 - Linguagem HTML

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="UTF-8">
    <title> Sample page </title>
  </head>
  <body>
    <!-- Contents of this page -->
  </body>
</html>
```

Fonte: (IPL, 2017). Disponível em: <<https://ipl.sfc.keio.ac.jp/text/info2-2016-9/wp-content/uploads/2017/02/htmlarch.png>> acessado em 12/05/2018.

No corpo da página ficam tabelas, links, imagens e outros elementos que podem estar alocados no servidor ou em outros bancos de dados, ou seja, links externos. Ali também ficam os “botões” e as funções que os mesmos irão exercer, estas, resgatadas por meio das linguagens CSS e JavaScript.

O CSS (Cascading Style Sheets) é responsável pela parte “artística” das páginas, como cores e formas dos caracteres que as compõem, ou seja, ele controla estilo das fontes, as cores de planos de fundo e etc. Além disso o CSS é responsável pela alocação das informações em posições específicas, como a posição de informação no topo da página, ou no canto esquerdo ou direito, bem como executar uma função esconder ou ampliar um ícone ou uma barra de ferramentas quando se clica em algum botão para esta tarefa. Os estilos também podem ficar em uma biblioteca salva em um servidor externo ou em uma pasta no computador (o que pode conferir uma maior variedade de cores e formas de acordo com a biblioteca). O arquivo responsável por alocar essa informação é, geralmente, denominado “style.css”. As funções de estilos personalizáveis em uma página HTML usando CSS são configuradas por meio das tags “`<style> conteúdo </style>`”. No exemplo a seguir, de forma simplificada, os comandos fariam com que a página tivesse um fundo de cor azul e a fonte dos caracteres apareceria em branco, em tamanho de 20 pixels:

```
<style>
  h1 { background-color: blue;
        color: white;
        font-size: 20px
    }
</style>
```

A linguagem JavaScript é a principal linguagem de programação em navegadores web, desenvolvida originalmente para o navegador Netscape 2, em meados dos anos 90. Na época, os desenvolvedores acharam que seria interessante criar um complemento que assumisse outros componentes, como imagens e plug-ins programados diretamente no código HTML. A linguagem foi absorvida pelo navegador da Microsoft, Internet Explorer, e, mais tarde, tornou-se peça fundamental para a interação entre o usuário e a internet como a conhecemos hoje. O JavaScript tem seu código armazenado no servidor (página a ser acessada), porém é carregado para a memória da máquina do usuário e seus comandos utilizam os recursos da máquina para serem exibidos, não necessitam do poder de processamento do servidor para executar funções interativas na interface que o usuário vê (LANE et al., 2008). Assim como as tags utilizadas na

estrutura HTML, a estrutura sintática geral do JavaScript necessita de uma tag de abertura e outra de encerramento da função, e se dá da seguinte forma:

```
<script>
function sum(a,b)
{
    return a + b;
}
var total = sum(7,11);
alert(total);
</script>
```

O JavaScript é responsável pela parte gráfica dinâmica de uma página, como menus interativos que mudam de cor ou deslizam de um lado para o outro, exibindo funções que até o momento possam estar ocultas até que a requisição seja feita ao click de um botão na tela da página em questão. A partir da interação entre essas três linguagens é possível criar diversas aplicações para visualização em navegadores web, tanto para computadores como para dispositivos móveis, isto, por meio do protocolo HTTP.

2.2.5.1.3 Protocolo HTTP

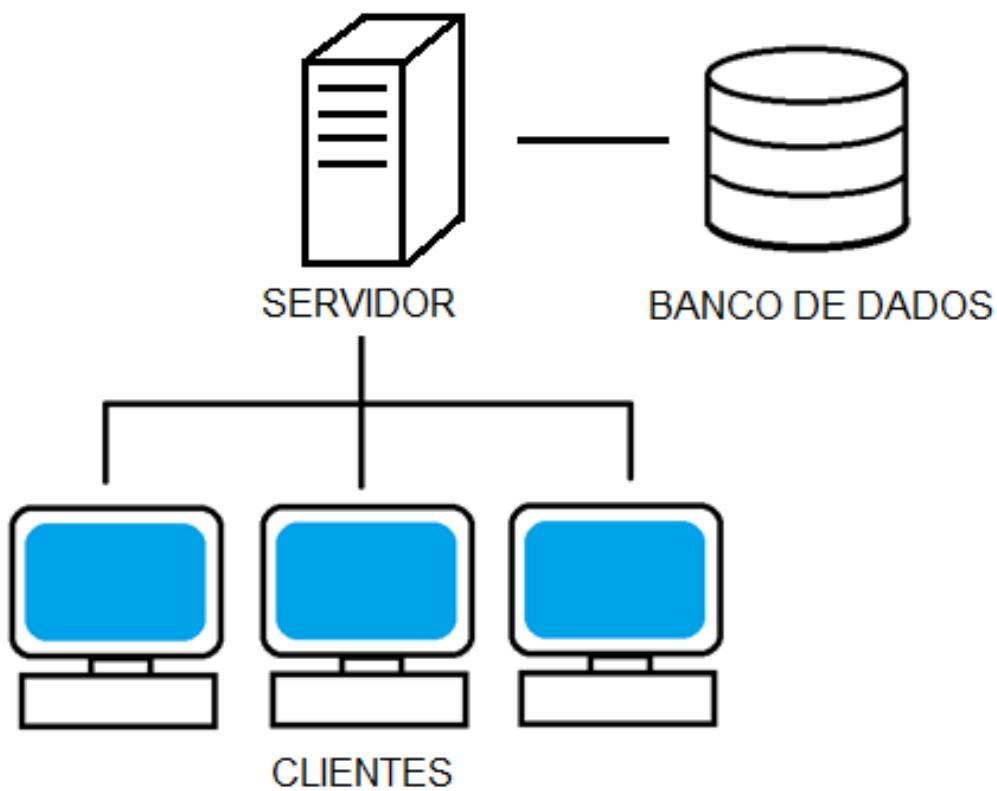
A conexão entre o usuário em sua máquina e os dados alocaados em um banco de dados em um servidor acontece por meio de uma aplicação do protocolo HTTP - HyperText Transfer Protocol (protocolo de transferência de hipertexto). Uma aplicação web tem dois atores principais: o cliente e o servidor. O cliente pode ser um navegador, como o Google Chrome ou Firefox. Já o servidor, normalmente, é uma aplicação alocaada em um serviço remoto. O cliente é o software que roda no computador, tablet ou smartphone. Ele faz requisições ao servidor, como a solicitação de informações que estão contidas em um banco de dados em forma de tabela, podendo ser um valor numérico, imagem, vetor, etc. Um cliente não conversa com o outro, a não ser que seja necessário algum tipo de interação entre os usuários.

Existem regras de acesso ao servidor, como o tipo de informação que pode ser requisitada em relação ao nível de acesso às informações permitido para cada tipo específico de usuário, como um cliente com acesso a informações básicas, caso o mesmo seja um usuário simples, ou um usuário avançado/administrador, que pode acessar outro nível de informação e talvez fazer alterações na estrutura. No servidor ficam armazenadas as regras necessárias para a aplicação funcionar.

No caso de uma aplicação web hospedada em um servidor na web não é necessário realizar a instalação de um software do tipo “cliente” na máquina, bastando acessar o serviço via navegador (Chrome, Internet Explorer, Firefox, etc).

O servidor pode ficar em uma máquina dentro de uma empresa, instituição ou na nuvem. Ele recebe as requisições dos clientes e devolve a informação solicitada e pode atender diversos clientes ao mesmo tempo (Figura 23). Em função disso, ele precisa ser um hardware robusto, com grande capacidade de processamento, boa conexão com a internet e é preciso estar sempre em funcionamento, no aguardo das requisições do cliente por meio de uma interface virtual.

Figura 23 - Relação cliente-servidor



Fonte: Produção autoral.

2.2.5.1.4 Heroku

Quanto às ferramentas oferecidas por empresas na nuvem, o Heroku é um serviço gratuito na nuvem para hospedagem de aplicações web, sites e plataformas online.

2.2.5.1.5 MongoDB

Também na nuvem, esta plataforma consiste em um banco de dados online, gratuito e opensource que suporta diferentes tipos de dados e linguagens. É escalável conforme a necessidade da aplicação e o volume de dados a serem hospedados. Há um limite para as operações gratuitas, caso as operações do usuário, organização ou empresa que necessite do serviço seja maior o limite gratuito, é preciso pagar taxas conforme o serviço desejado.

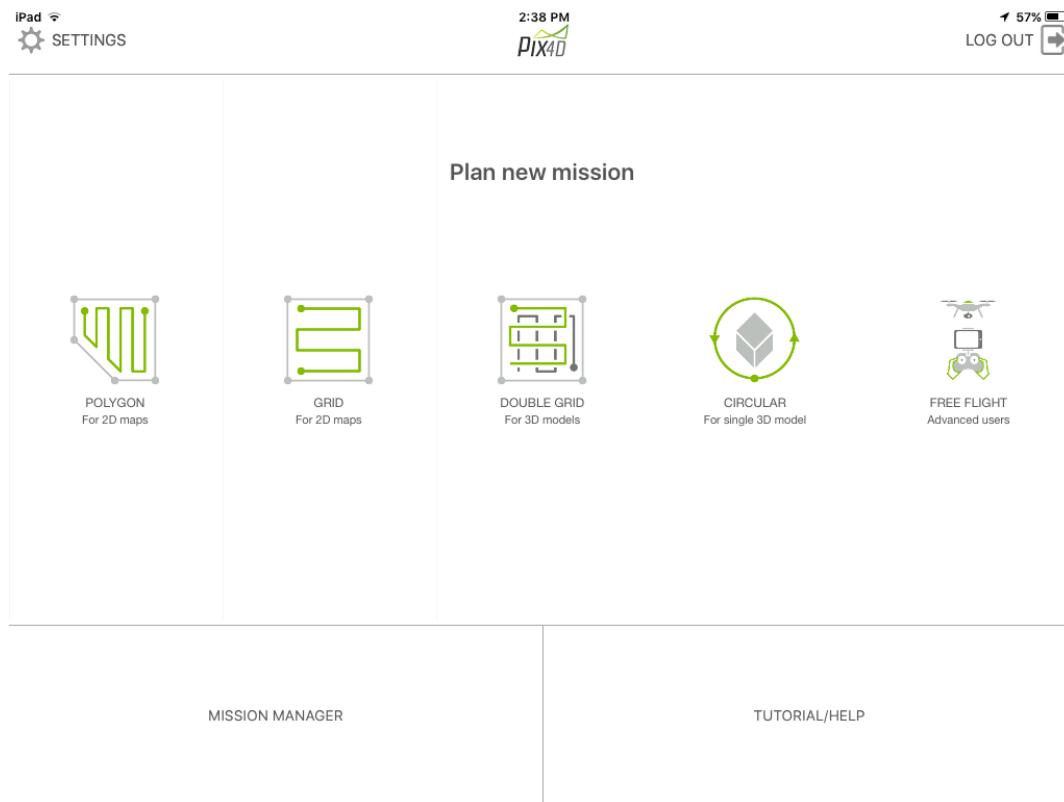
2.2.5.2 *Captura de dados espaciais, processamento e SIG*

Sanadas as definições das ferramentas necessárias para a alocação e acesso dos dados, é preciso destacar os softwares utilizados para o processamento primário dos dados obtidos em campo. A seguir serão apresentados os softwares de: mapeamento e plano de voo; processamento de imagens, criação de nuvem de pontos e fotogrametria; e SIG.

2.2.5.2.1 Pix4D capture

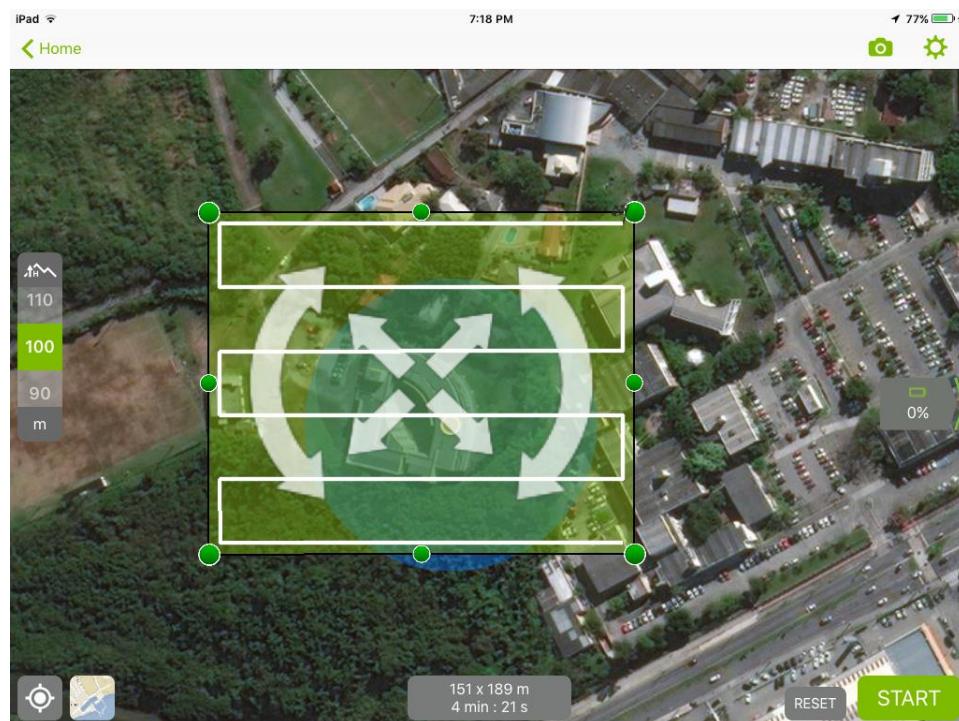
Este software é um app para dispositivos móveis, celular e tablet, que faz a integração entre os comandos do usuário e o equipamento RPA. Ele serve para a criação de planos de voo e captura de imagens por meio do sensor do RPA de forma ordenada, conforme a configuração desejada. Este aplicativo, que pode ser obtido pela AppStore ou GooglePlay, permite definir parâmetros de voo como: altitude, velocidade do RPA, orientação da câmera do RPA, sobreposição longitudinal e lateral das imagens captadas para o processamento fotogramétrico. O layout de criação de planos de voo foi criado para ser intuitivo e interativo por meio do toque na tela do dispositivo móvel, as funções de criação de plano de voo são: i. polígono (que pode ser modelado conforme a necessidade e o formato da área a ser mapeada); ii. grid (retângulos); iii. grid duplo (ideal para geração de modelos 3D de alta qualidade); iv. voo circular (indicado para edificações ou estruturas isoladas); e, iv. voo livre (para usuários com experiência de voo e ideal para áreas que apresentam muitos obstáculos). Os ícones para seleção do tipo de missão e o layout de criação do polígono para mapeamento pode ser observados na Figura 24 e Figura 25, respectivamente:

Figura 24 - Seleção de tipo de plano de voo



Fonte: Print Screen do Pix4D capture (2018)

Figura 25 - Layout de criação de plano de voo (definição de polígono) no Pix4D capture



Fonte: Print Screen do Pix4D capture (2018).

2.2.5.2.2 Agisoft – PhotoScan

O *Photoscan*, desenvolvido pela empresa russa *Agisoft*, é um software de fotogrametria que realiza processamento de imagens estereoscópicas com a finalidade de gerar modelos digitais de superfície, servindo tanto para a criação de modelos da superfície topográfica quanto para a objetos isolados na paisagem (estátuas, edificações, veículos, árvores, etc.).

O programa pode ser baixado para teste de 30 dias no site da empresa (www.agisoft.com/downloads/installer). Após o período de testes ainda é possível utilizar o software, no entanto, não é mais permitido salvar projetos ou exportar os resultados processados. O Laboratório de Geoprocessamento da UDESC adquiriu a licença por meio de recursos advindos do FINEP.

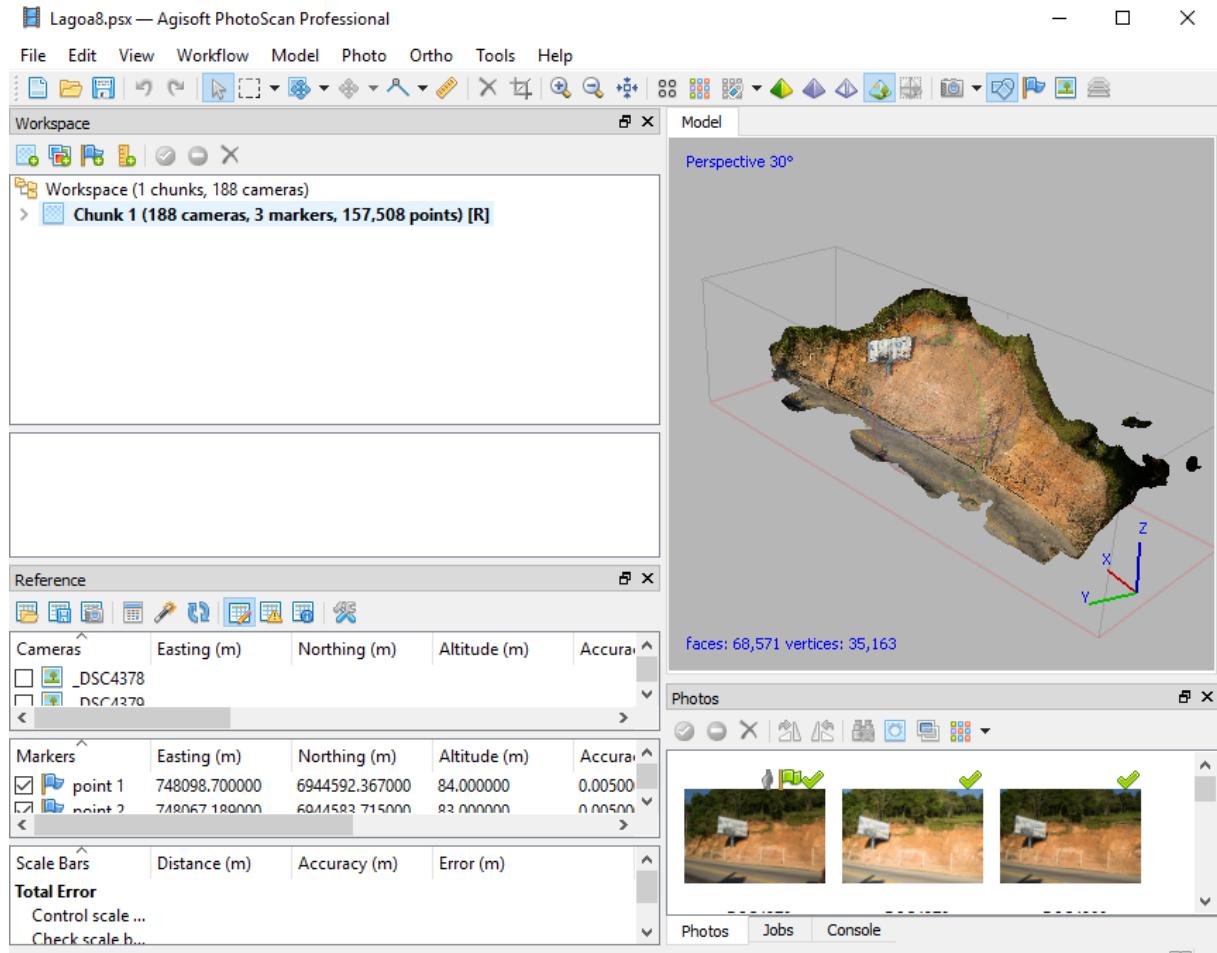
O software, de acordo com a empresa, faz o processo de fotogrametria a partir do reconhecimento de feições em pares estereoscópicos. O reconhecimento de pixels a partir do tamanho e cores dos objetos cria modelos tridimensionais a partir de duas principais etapas: *a.* criação de uma nuvem de pontos esparsa, e, *b.* criação da nuvem de pontos densa.

Os modelos podem ser criados se valendo de referências espaciais (coordenadas) anexadas a cada uma das imagens captadas pelo RPAS. Para elucidar este ponto é preciso salientar a importância do GPS integrado no drone. Deste modo, quando o drone sobrevoa uma área qualquer ele está, também, operando a partir de coordenadas do GPS. Quando são feitas fotografias a partir do sensor do drone, as fotos guardam o geotag, ou seja, armazenam em suas propriedades as coordenadas (altitude, longitude e latitude, no sistema WGS84) do ponto no espaço onde o equipamento estava no momento de obtenção da imagem.

O *Photoscan* (Figura 26) tem um grid de coordenadas WGS84 integrado ao software. Desta forma, quando as imagens são importadas para o software, elas já são posicionadas neste grid, facilitando o processamento e aumentando a precisão geométrica dos modelos gerados.

No entanto, a geração de modelos 3D não requer necessariamente que as imagens tenham geotag. As fotos podem ser processadas sem uma referência espacial, no entanto, deste modo os modelos gerados não possuem orientação espacial, ou mesmo uma escala definida. Contudo, as referências espaciais podem ser inseridas posteriormente, caso seja feito um levantamento de pontos de controle via GPS ou RTK, para, então, definir uma coordenada precisa para feições identificadas no modelo gerado. Se exportado ao ArcMap, o mesmo procedimento pode ser realizado se valendo da ferramenta “georeferencing” para marcar pontos de controle em uma imagem já ortorretificada como referência espacial.

Figura 26 - Layout do Photoscan

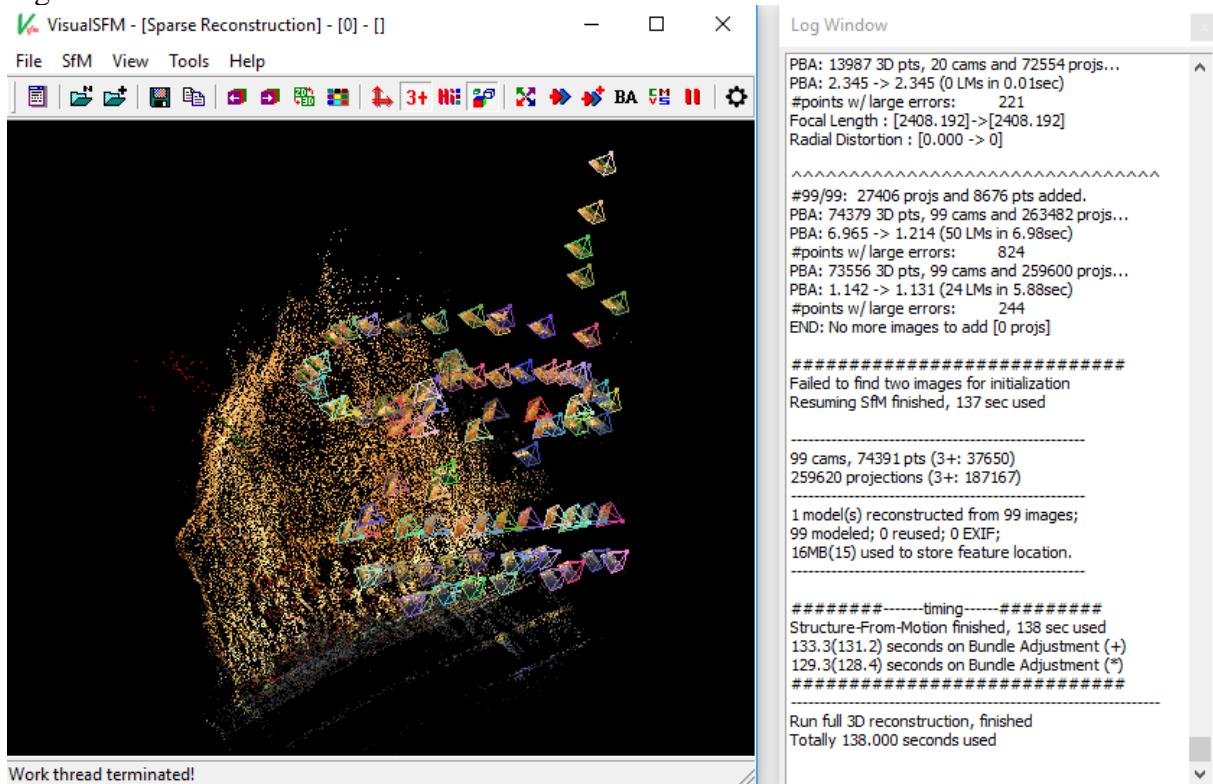


Fonte: Print Screen do Photoscan (2018).

2.2.5.2.3 VisualFSM e Meshlab

O *VisualSFM* (Figura 27) é uma alternativa ao *Photoscan*, pois, é gratuito e opensource. No entanto, ainda está em desenvolvimento, logo, suas funcionalidades não são tão robustas quanto o produto oferecido pela empresa *Agisoft*. Contudo, quanto à execução de sua função, o *VisualSFM* é bastante eficiente na geração de nuvem de pontos a partir de pares estereoscópicos. Ele é capaz de criar nuvens de pontos esparsas e densas, porém, os modelos 3D só são gerados a partir da interação deste software com outra ferramenta de modelagem 3D, o *Meshlab*, também gratuito.

Figura 27 - Visual SfM

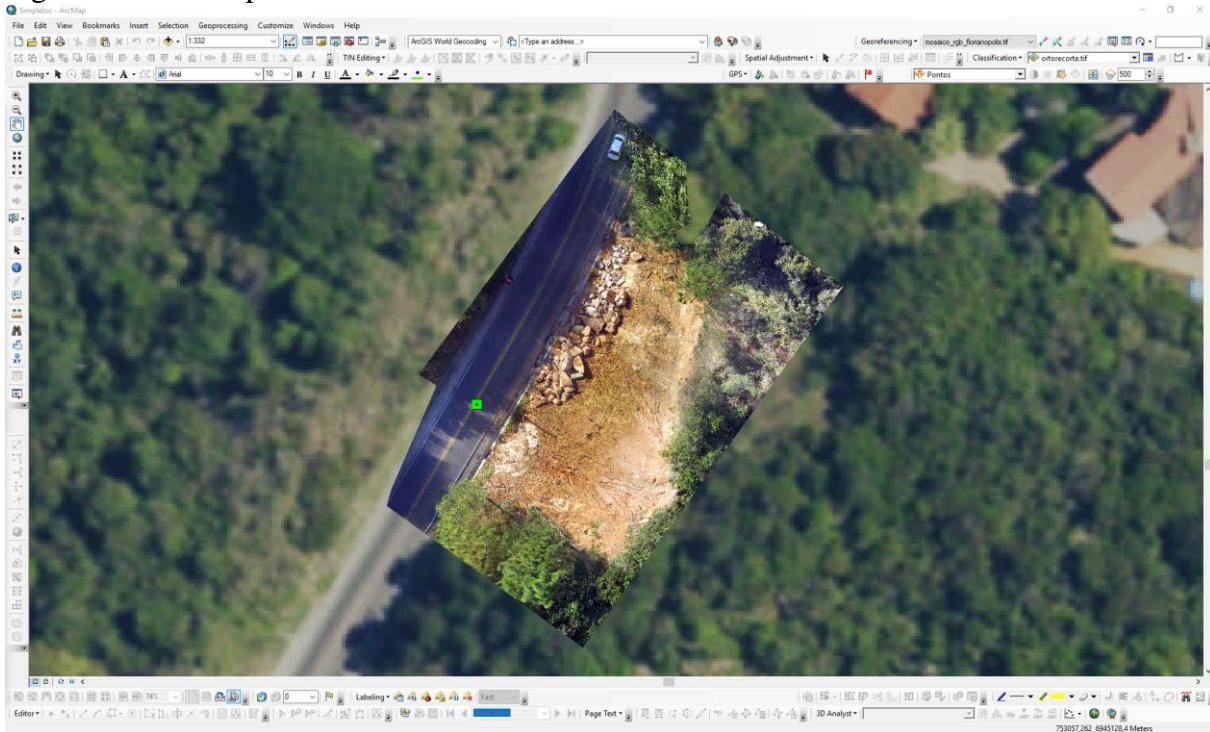


Fonte: Print Screen do VisualSfM (2018)

2.2.5.2.4 ESRI – ArcGIS

O *ArcGIS* é um pacote de programas desenvolvidos pela empresa estadunidense *ESRI* (Environmental Systems Research Institute), que tem o propósito de criar produtos cartográficos e bancos de dados espaciais como suporte à compreensão de fenômenos do meio ambiente para atividades como planejamento territorial e outras relacionadas à tomada de decisão por parte do poder público ou privado. O ArcMap (Figura 28) é o software, presente no ArcGIS, responsável por agregar as ferramentas de processamento e gestão de dados espaciais. As ferramentas permitem criar arquivos vetoriais (shapefile – pontos, linhas e polígonos) sobre mapas base; criar curvas de nível sobre modelos digitais de elevação; desenvolver layout de mapas; apresentar informações de acordo com diversas variáveis visuais relacionadas à banco de dados; cruzar dados espaciais; entre outras.

Figura 28 - ArcMap



Fonte: Produção autoral, Print Screen do ArcMap (2018).

2.2.6 Exemplos de uso da tecnologia RPA na segurança pública

Se valendo de todas essas vantagens, drones vem sendo utilizados no Brasil e ao redor do globo em diversas ocasiões relacionadas à segurança pública, desde resgate e salvamento em alto mar, monitoramento de focos de incêndio, busca de pessoas perdidas em áreas de floresta, entre outros, até reanimação em casos de parada cardíaca via desfibrilador aerotransportado

O último equipamento, acima referido (Figura 29), foi desenvolvido pela Agência de Sueca de Transporte. Ele pesa 5,7kg e carrega um desfibrilador de 763g, transportado a uma velocidade máxima de 75km/h. Os testes deste dispositivo foram feitos com base nas coordenadas de GPS de eventos que ocorreram até 10km de distância de uma base do corpo de bombeiros do município de Norrtälje, ao norte de Estocolmo. Durante um período de 72 horas, em outubro de 2016, foram realizados 18 voos consecutivos para as coordenadas onde ocorreram casos que necessitaram de desfibrilador para reanimação de vítimas entre os anos de 2006 e 2014. Os drones resultaram em uma redução média de atendimento em torno de 16 minutos se comparados com ambulâncias (CLAESSON et al., 2017).

Figura 29 - Drone Desfibrilador



Fonte: The Guardian (2017). Disponível em: <<https://www.theguardian.com/technology/2017/jun/13/defibrillator-carrying-drones-could-save-lives-research-suggests#img-1>>

Outro exemplo é relacionado aos eventos relacionados à tectônica de placas, mais especificamente os terremotos de 2015, que atingiram o Nepal e foram palco para a aplicação de ferramentas e inspiração para as propostas deste trabalho. Na ocasião a empresa Pix4D SA, a DJI, organizações humanitárias e a Universidade de Kathmandu (Departamento de Geomática e Engenharia Civil) geraram ortoimagens, modelos e mapas a partir de imagens adquiridas por RPA. Na ocasião, o software desenvolvido pela empresa, capaz de gerar os produtos referidos, foi disponibilizado às autoridades locais e atores sociais, agora treinados para operar as tecnologias. A Figura 30 apresenta a ocasião onde os produtos criados deram suporte aos grupos de busca e salvamento, avaliação de danos, projetos de reconstrução, planos de preparo e preservação cultural (MEIER, 2015).

Figura 30 - Oficina Pix4D e DJI pós catástrofe no Nepal



Fonte: <<https://irevolutions.org/2015/09/28/aerial-robotics-in-the-land-of-buddha/>> (Acessado em: 25/08/2017)

De acordo com o portal de notícias R7 (2018), em 2018, 13 pessoas ficaram presas em uma caverna na Tailândia. 12 jovens, jogadores de futebol, e seu treinador foram surpreendidos por uma chuva torrencial enquanto visitam a caverna. Buscando encontrar outras formas de acesso à caverna, drones com sensores termais foram utilizados para sobrevoar a região.

Santa Catarina também apresenta resultados quanto à utilização do equipamento pelo Estado. De acordo com o Capitão do Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina, Atila Sarte (2017), Capitão do CBMSC, a corporação havia adquirido, em janeiro de 2017, um RPA Phantom 4 para o 1º BBM - Florianópolis, isto, em função do aporte teórico levantado no TCC do Cadete Pedro Cabral Reis, hoje Tenente. Nos meses subsequentes foram adquiridos para os batalhões, de Curitibanos, Lages, Itajaí e Chapecó, outros equipamentos da série Phantom (3 standart, 3 pro, 4 e 4pro) financiados por fundos diversos, como a Secretaria de Estado da Defesa Civil, doação da Receita Federal, Fundo de Reequipamento do Corpo de Bombeiros e Conselho da Comunidade. Eles começaram a ser utilizados para monitoramentos diversos, como acompanhamento das obras da Ponte Hercílio Luz; atuação preventiva nas piscinas naturais da Barra da Lagoa; busca de cadáver em rio no município de São João Batista, busca e salvamento na praia Mole; entre outros (SARTE, 2017).

Em 2017, o Laboratório de Geoprocessamento da UDESC – GeoLab foi convidado para participar do I Simpósio Sobre Aeronaves Remotamente Pilotadas no CBMSC (17 e 18 de julho de 2017), representado pelo orientando de doutorado do Prof. Francisco H. de Oliveira, Everton Brum e o discente de mestrado, orientado da Prof. Mariane A. Dal Santo, João Daniel B. Martins. Na ocasião (Figura 31), estiveram presentes representantes da Polícia Federal, Polícia Rodoviária Federal, Polícia Militar, Polícia Ambiental, Polícia Civil, Corpo de Bombeiros, CELESC e DJI. No evento, foram expostos os equipamentos e estudos realizados pelo GeoLab, bem como compartilhadas experiências pertinentes às tecnologias de monitoramento e mapeamento 3D para a Segurança Pública.

Figura 31 - I Simpósio Sobre Aeronaves Remotamente Pilotadas CBMSC



Foto: CMBSC (2017). Disponível em: <https://portal.cbm.sc.gov.br/index.php/sala-de-imprensa/noticias/institucionais/2026-cbmsc-promove-simposio-sobre-aeronaves-remotamente-pilotadas>

Tendo como base a crescente demanda e uso do equipamento, faz-se justificável a necessidade de prover material e treinamento tecnológico pertinente e uma melhoria constante da qualidade e da eficiência nas respostas oferecidas por órgãos de Segurança Pública como a Defesa Civil e o Corpo de Bombeiros, além da criação de um meio para disponibilização dos fenômenos conhecidos e mapeados em 3D, via registro armazenado e compartilhado via web como suporte à tomada de decisão.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Buscando alcançar os objetivos propostos, o presente trabalho contou com hardwares e softwares diversos, realizando etapas para a geração de produtos diversos, se valendo de métodos de obtenção de imagens por meio de sensor fotográfico em nível de solo e aerotransportado, geração de ortoimagens e modelos digitais de elevação, criação de modelos 3D, definição de atributos (em ambiente SIG e ambiente web) para feições identificadas por meio dos dados levantados, criação de mapas, criação de plataforma web para armazenamento e exibição de informações e modelos tridimensionais referentes a situações de risco e, por fim, construção e divulgação de conhecimento por meio de oficina oferecida à Defesa Civil do Estado de Santa Catarina, alunos de graduação e pós-graduação.

Cabe salientar que as definições das ferramentas estão dadas no capítulo 2. Assim, o objetivo não consiste na criação de um manual de cada ferramenta. Portanto, foram elencadas por este autor que vos escreve apenas as informações mais relevantes para a realização do trabalho, que se deu a partir da interação entre materiais diversos, hardwares e softwares.

3.1 HARDWARE

3.1.1 *Computador*

Para a realização deste trabalho foi utilizada a configuração de máquina a seguir:

- Processador: *Intel® Core™ i7-4770 CPU @ 3.40GHz*
- Memória RAM: *Kingston 24 GB Dual channel (8192Mbytes) DDR3 667MHz*
- Adaptador de vídeo: *nVidia Quadro K600 1024 MB – CUDA e nVidia GeForce GT730*

3.1.2 *Câmera*

Nikon – D3100

Esta câmera (Figura 32) carrega um sensor fotográfico de 14.2MP (4608 x 3072 pixels) e, neste trabalho, ela foi equipada com a lente 18mm-55mm. As imagens da câmera DSLR são gravadas em extensão RAW, um tipo de arquivo que, diferente das extensões JPEG e PNG, permitem grande gradiente e qualidade no registro da gama de cores e contraste.

Figura 32 - Nikon D3100



Fonte: Nikon (2018). Disponível em:
<https://www.nikon.pt/tmp/EU/2419865273/3760176746/2327365364/27184057/1391280926/2780083465/1053240650/3915156789/2964121563/1442436899/2379611823.png>

3.1.3 Drones/RPA

DJI – Matrice 100 e Phantom 3

3.2 SOFTWARE

Neste trabalho foram utilizados softwares para criação de missões para planos de voo; processamento de imagens e fotogrametria para a geração de modelos 3D; sistema de informações geográficas; programação; plataformas online de armazenamento de dados; e, site online de hospedagem de modelos 3D.

SOFTWARES	FUNÇÃO
Photoscan	Fotogrametria e modelagem 3D
VisualSFM	Geração de nuvens de pontos
Meshlab	Modelagem 3D

Pix4D capture	Criação de plano de voo
ArcMap	Sistema de Informação Geográfica
Heroku	Hospedagem de webpage
MongoDB	Servidor de Banco de Dados online
Notepad++	Programação

3.3 ETAPAS METODOLÓGICAS

Além da pesquisa bibliográfica para definição de referencial teórico, o método contou com a utilização de hardwares e softwares (já mencionados) para a obtenção dos dados e criação dos produtos, que consiste no planejamento e aplicação das seguintes etapas de integração:

3.3.1 *Descrição das etapas metodológicas*

I. PLANEJAMENTO E COLETA DE DADOS

a. DEFINIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

- i. *Verificação da integridade do equipamento e das condições do local para escolha do método de coleta de imagens por RPAS ou câmera convencional, afim de evitar colisões com objetos como árvores, construções, etc.*

b. CAMPO PARA COLETA DE DADOS

- i. *Verificação das condições climáticas no momento do voo*
- ii. *Realização do voo para coleta de imagens por RPAS ou captura por meio de câmera convencional*

II. ALOCAÇÃO DOS DADOS EM AMBIENTE VIRTUAL

a. ORGANIZAÇÃO DE DIRETÓRIOS (PASTAS)

i. *Criação de pastas*

1. *Imagens coletadas*
2. *Projeto*
3. *Produtos*
 - a. Ortoimagem
 - b. Modelo Digital de elevação
 - c. Shapefile
 - d. Relatório

III. PROCESSAMENTO (MÁQUINA LOCAL)

a. PROCESSAMENTO DAS IMAGENS E GERAÇÃO DE PRODUTOS

- i. *Geração de nuvem de pontos*
- ii. *Criação de malha (modelo 3D)*
- iii. *Criação de Modelo Digital de Elevação*
- iv. *Criação de ortoimagem*
- v. *Criação de shapes*
 1. *Curvas de nível*
 2. *Delimitação de áreas de interesse e definição de atributos*

b. AMBIENTE SIG

i. *Importação dos produtos gerados*

1. *MDE*
2. *Ortoimagem*

IV. PROGRAMAÇÃO

- a. UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA Notepad++
- b. CRIAÇÃO DO HTML (GEO RISK SURVEY)
 - i. *Programação de página HTML, JavaScript e CSS*
 - 1. Definição de parâmetros para criação de ferramentas de inserção e busca de dados na plataforma online
 - 2. Criação das ferramentas na plataforma web
 - ii. *Incorporação dos modelos 3D do Sketchfab na página criada*

V. DISPONIBILIZAÇÃO ONLINE

- a. CRIAÇÃO DO DOMÍNIO (ENDEREÇO WEB: www.georisksurvey.herokuapp.com)
- b. UPLOAD DE MODELOS 3D PARA O SKETCHFAB
- c. DISPONIBILIZAÇÃO DA PLATAFORMA ONLINE PARA LIVRE ACESSO

A seguir, descreve-se as etapas realizadas conforme os procedimentos acima expostos e seus respectivos resultados. Para tal, foi preciso definir locais para a aplicação da metodologia de mapeamento 3D. Dada a situação de um fenômeno geomorfológico que ocorreu na rodovia SC-404 e outro na SC-406, esses locais foram escolhidos como áreas de estudo (vide Figura 3 - Localização do município de Florianópolis e áreas de estudo).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 COLETA DE DADOS E MODELAGEM 3D

4.1.1 Cicatriz de encosta na rodovia SC-406

O primeiro, SC-406, apresentara uma cicatriz de movimento de massa que outrora bloqueara a rodovia em questão. Em virtude da magnitude do fenômeno, que alterara a dinâmica do tráfego local de veículos na região do bairro Barra da Lagoa, a Defesa Civil apresentou interesse em realizar o mapeamento da referida feição. Em parceria com o GeoLab, agentes da Defesa Civil e o autor se deslocaram ao local para a realização do voo com RPA (Figura 33).

Figura 33 - Equipe de mapeamento: Defesa Civil e GeoLab



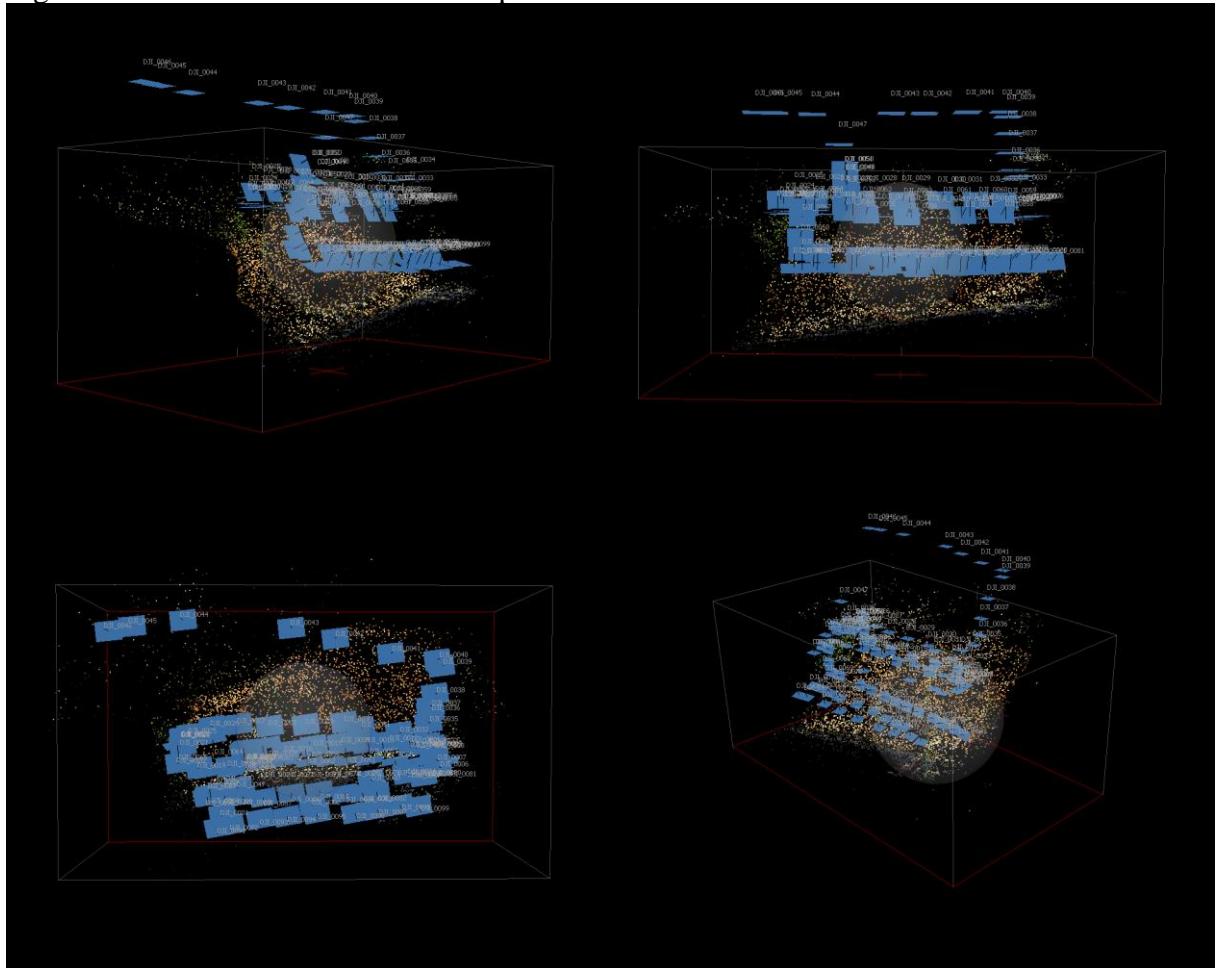
Foto: GeoLab e Defesa Civil (2018).

As condicionantes físicas do local não permitiam a utilização do software de criação de planos de voo convencionais para tomada automática das imagens em função da declividade, pois, o gradiente altimétrico da área de encosta somado a vegetação poderiam ser alvos de colisão do RPA. Desta forma, o voo foi realizado de modo que fosse controlado manualmente

desde a decolagem até a aterrissagem. Da mesma maneira as tomadas de fotos foram realizadas de modo manual, orientadas paralelamente à forma da cicatriz da encosta, em diferentes altitudes, por meio da função “Free Flight Mode” do aplicativo para smartphone, Pix4D capture.

Posteriormente, no laboratório, já no ambiente virtual, o primeiro procedimento consiste na criação de pastas a alocação das mesmas no computador ou servidor. Após a escolha dos locais é preciso realizar verificação e exclusão das imagens borradadas, que pode ser feita utilizando a função “estimate image quality” no Photoscan, onde são atribuídos valores de 0 a 1. As imagens com valores inferiores à 0.7 podem ser removidas do processamento, pois, estas não apresentam nitidez necessária para o processo de reconhecimento dos pares estereoscópicos. As faixas de voo realizadas para a tomada de imagens podem ser conferidas quando se importa as imagens para o Photoscan. O primeiro processo, alinhamento das imagens, realiza a identificação de pares estereoscópicos que resulta na nuvem de pontos esparsos. Em virtude do geotag é possível ver a posição das imagens individualizadas visualmente em retângulos azuis, conforme apresentado em diferentes perspectivas na Figura 34:

Figura 34 - Faixas de voo e nuvem de pontos



Fonte: Produção autoral – Print Screen do Photoscan (2018).

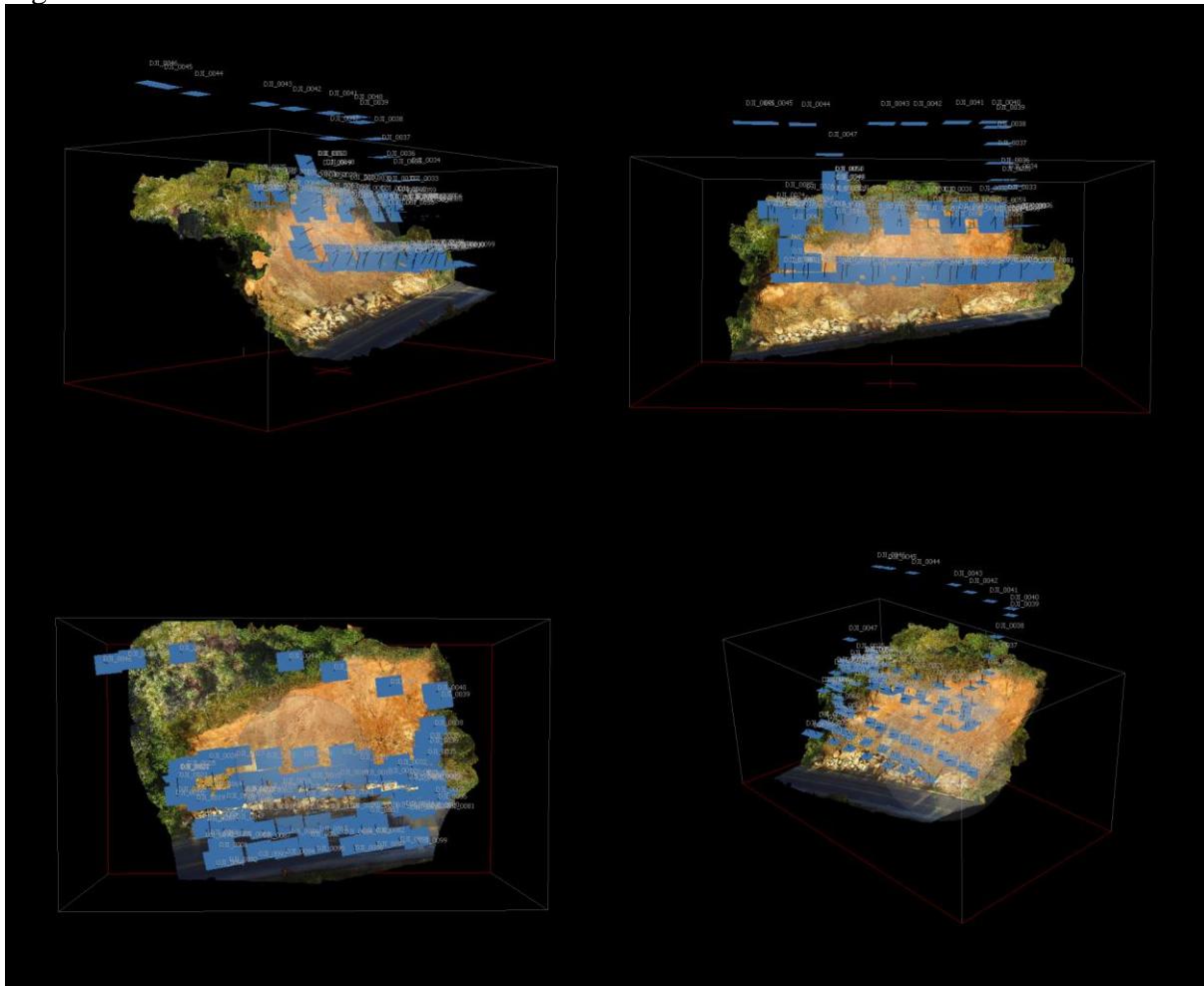
Após a geração da nuvem esparsa é preciso gerar a nuvem densa de pontos, que consiste basicamente na continuidade do processamento em prol do adensamento de pontos na matriz 3D que dá forma à feição. Este processo é seguido da criação da malha, ou triangulação da superfície modelada, que já permite visualização e identificação de feições em virtude das características geométricas das formas. A qualidade geométrica varia de acordo com os parâmetros de processamento aplicado a cada uma das etapas de geração de produtos por meio do Photoscan, que são: i. alinhamento das imagens; ii. geração da nuvem densa; iii. geração da malha; geração do modelo digital de elevação; iv. geração do ortomosaico.

Os parâmetros de qualidade de processamento variam de “lowest” à “ultra high”, ou seja, da qualidade muito baixa à qualidade muito alta, isto, para cada um dos procedimentos referidos. É importante observar que para cada nível de qualidade de processamento o tempo para o computador realizar os procedimentos varia, processando mais rápido em qualidade baixa e mais lento para qualidade muito alta. O gradiente temporal para geração de modelos pode variar de alguns minutos, para baixa qualidade, até vários dias, para alta qualidade. Desta

forma, é preciso planejar o nível de detalhe que se deseja obter em relação à configuração de máquina (processador/CPU, memória RAM e placa de vídeo/GPU) que a instituição deve adquirir.

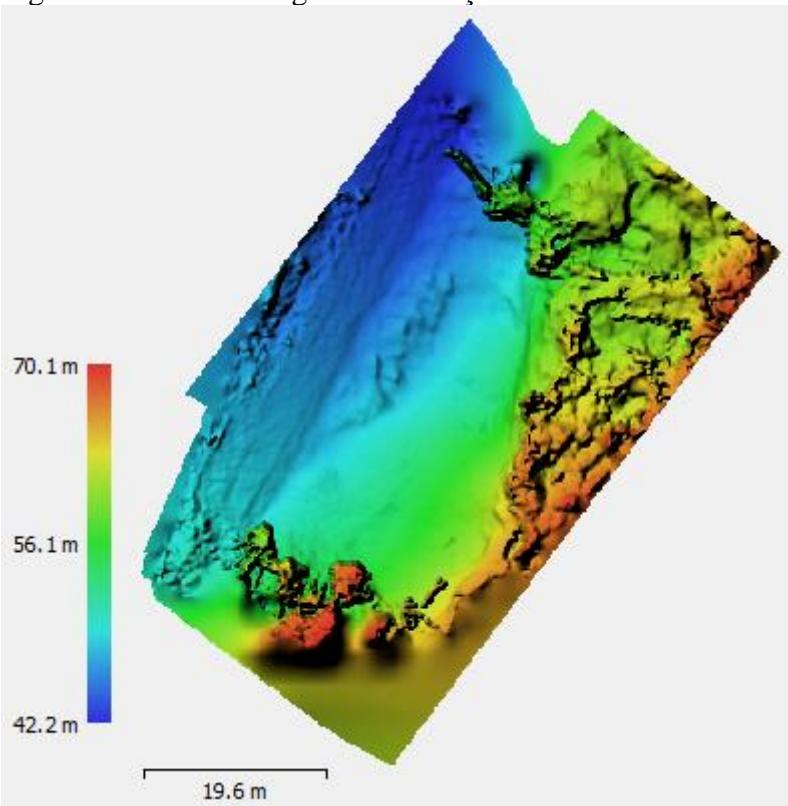
O tempo de execução dos procedimentos do levantamento referente ao modelo da SC-406 levou cerca de 20 horas em qualidade mediana, isto, somados os tempos de deslocamento ao local de coleta das imagens, realização do voo, transferência dos arquivos ao computador, seleção das imagens e processamento dos produtos (nuvem de pontos, malha 3D, modelo digital de elevação e ortofoto). A malha 3D (Figura 35), o modelo digital de elevação (Figura 36), e, posteriormente a ortoimagem (Figura 37) da área de interesse, podem ser observados a seguir:

Figura 35 - Malha 3D



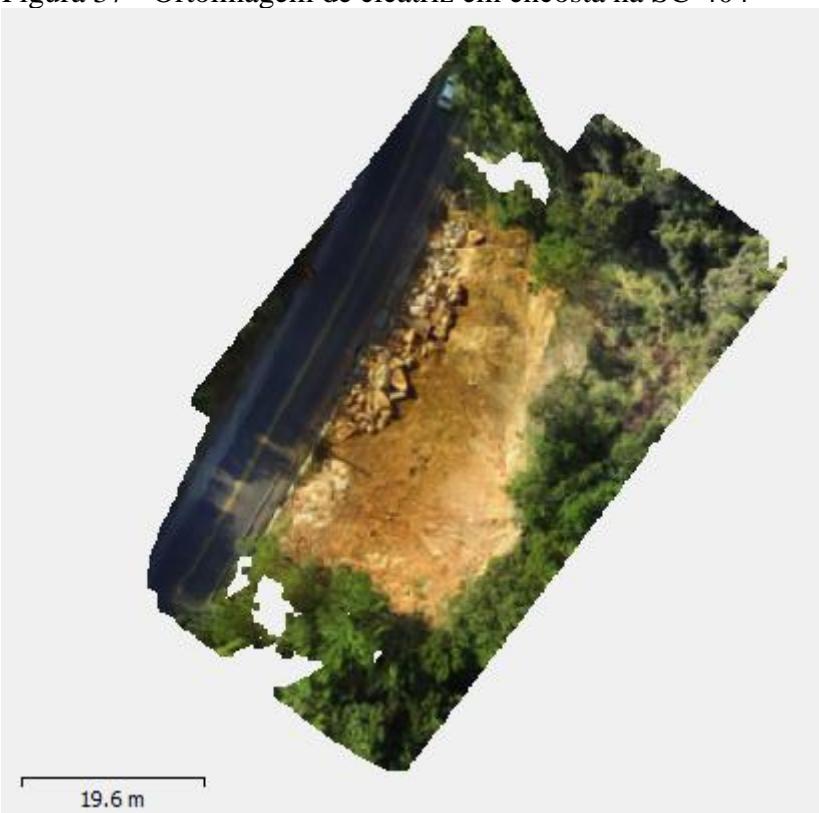
Fonte: Produção autoral – Print Screen do Photoscan (2018).

Figura 36 - Modelo Digital de elevação



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018)

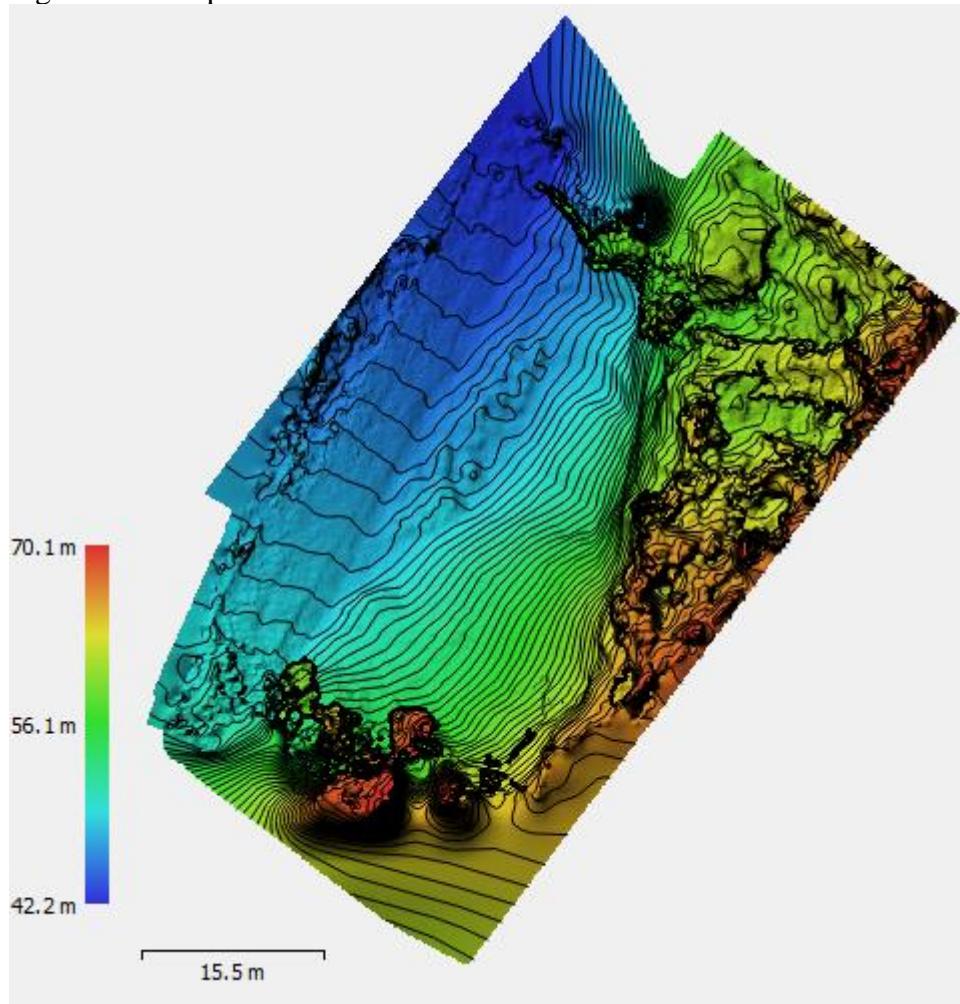
Figura 37 - Ortoimagem de cicatriz em encosta na SC-404



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018)

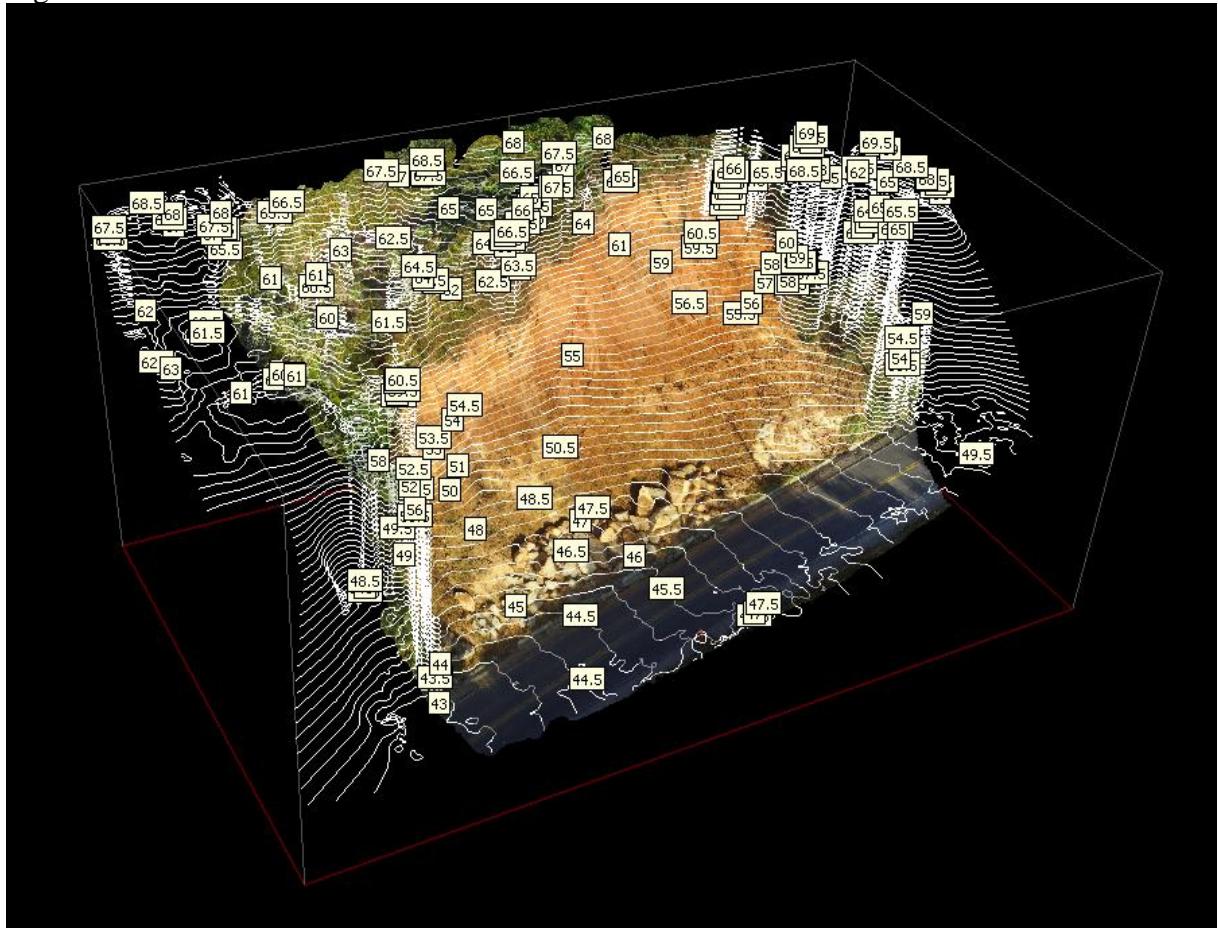
O Photoscan permite a criação de relatório de processamento (exemplo de relatório disponível no anexo 1), onde são discriminados os parâmetros de configuração, densidade das nuvens de pontos, resolução espacial, erro médio de deslocamento, tempos de processamento, entre outros. Nas configurações adotadas, o modelo apresentou: uma nuvem de pontos contendo 6.243.774 pontos; a malha 3D, já triangulada, apresentou 308.669 faces e 155.874 vértices. O MDE apresentou uma resolução espacial de 9,65cm e o ortomosaico 5,83cm. O software também permite a vetorização de feições, criação de shapefile e exportação em formato “.shp”. A Figura 38 e a Figura 39 apresentam o shapefile de curvas de nível (criado na função “generate contours”) com intervalo de 0,5m, em 2D sobre MDE e 3D sobre malha tridimensional, respectivamente:

Figura 38 - Shapefile de curvas de nível sobre MDE



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018).

Figura 39 - Curvas de nível sobre malha 3D



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018).

É importante destacar que foram encontrados problemas no referencial altimétrico do modelo mapeado a partir do RPA da Defesa Civil. Outros testes foram feitos e o problema persistiu. Buscando outras fontes de dados, também foram realizados testes com o Matrice 100, também fabricado pela DJI, a mesma fabricante do Phantom 3 da Defesa Civil. O que pode ser observado é que o erro persistiu mesmo em outros locais. Buscas no fórum de discussão da fabricante do RPA (DJI) e mesmo do software (Agisoft) não foram conclusivas. Até o momento, o erro pode ser corrigido utilizando uma referência espacial obtida por meio de pontos de controle. Para o modelo acima, a referência altimétrica utilizada foi obtida no Google Earth Pro (em detrimento da disponibilizada pela SDS em função da baixa resolução espacial), onde foram selecionados 3 pontos observados na rodovia e suas referências de altitude foram inseridas posteriormente no Photoscan. O uso de pontos de controle coletados em campo (GPS/RTK) é o ideal para minimização de erros, maior precisão e acurácia, isto, caso seja necessário realizar outras aferições além da mera observação da situação de risco ou de desastre,

como cálculos de volume de massa deslocada ou medições com precisão decimétrica ou centimétrica, o que não foi objeto deste trabalho.

Este modelo e seus produtos ocuparam 1.3GB de espaço no HDD da máquina utilizada para o processamento. O espaço ocupado pelo projeto é diretamente proporcional a qualidade do modelo, ou seja, quando maior a qualidade geométrica e resolução espacial, maior o tamanho em HDD/SSD, bem como, também é maior o tempo para o processamento.

4.1.2 Cicatriz de encosta na rodovia SC-404

A feição a seguir (Figura 40) apresenta feições semelhantes àquelas da cicatriz mapeada na SC-406.

Figura 40 - Solo exposto SC-404

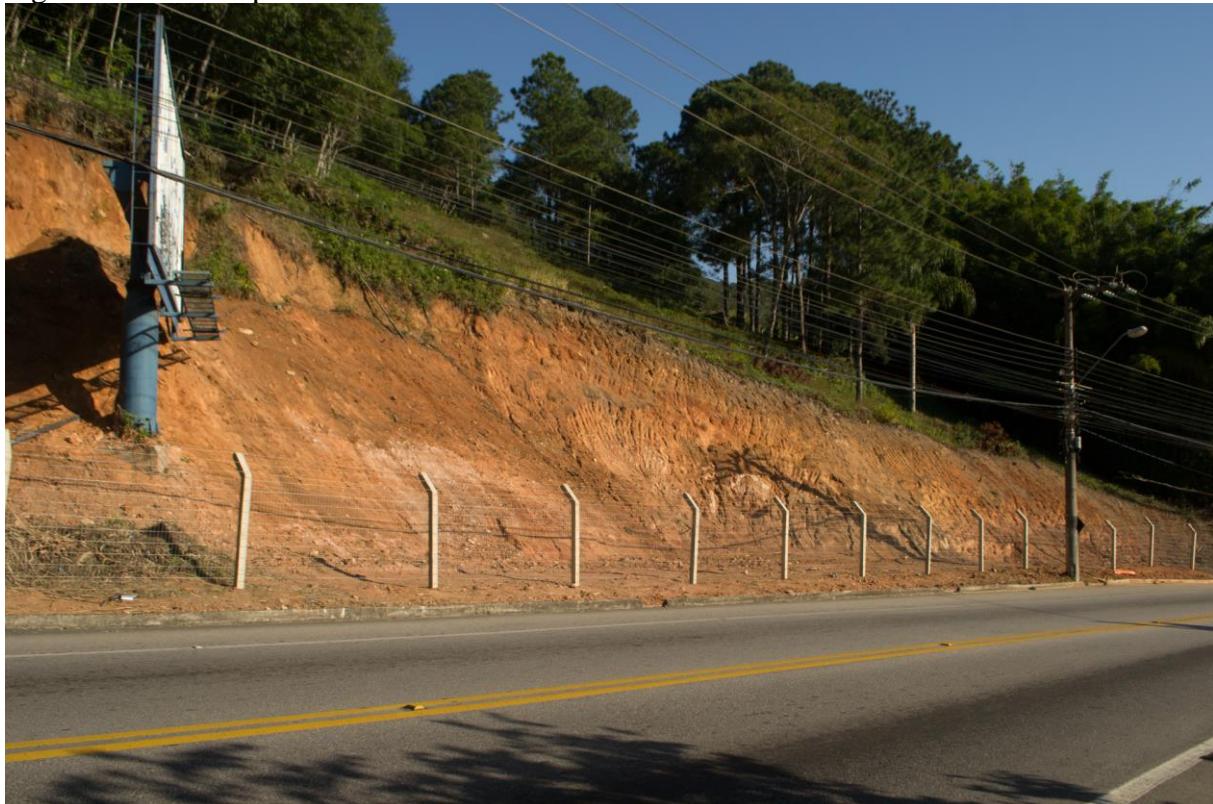
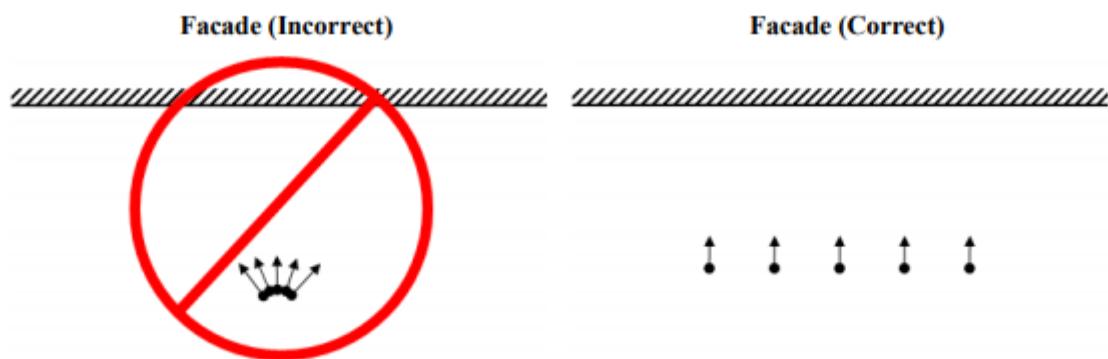


Foto: João Daniel Barbosa Martins (2018).

No entanto, para a coleta de imagens foi aplicado outro método, onde as imagens foram obtidas por meio da câmera Nikon D3100. A tomada de imagens seguiu o método sugerido pelo manual da Agisoft (2018), conforme a Figura 41:

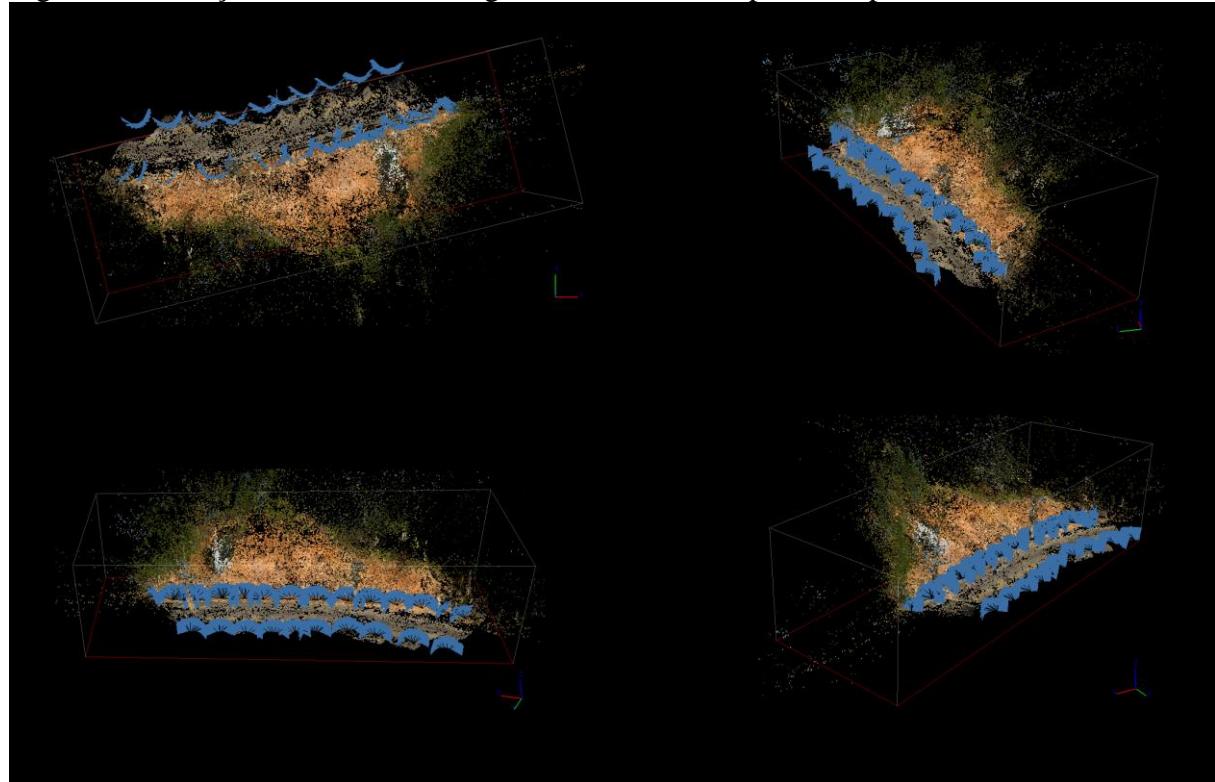
Figura 41 - Método para captura de imagens de fachada



Fonte: **AgiSoft PhotoScan User Manual: Professional Edition, Version 1.4**, 2018, p.9

Como no processamento da feição de relevo anterior, após inseridas as imagens no software Photoscan, é possível observar a posição de cada uma das imagens capturadas próxima ao nível de solo (aproximadamente 1,5m de altura). O procedimento primário é o alinhamento das imagens, onde os pares estereoscópicos são posicionados a fim de gerar a matriz 3D de nuvem de pontos esparsos, exibidos em diferentes perspectivas na Figura 42.

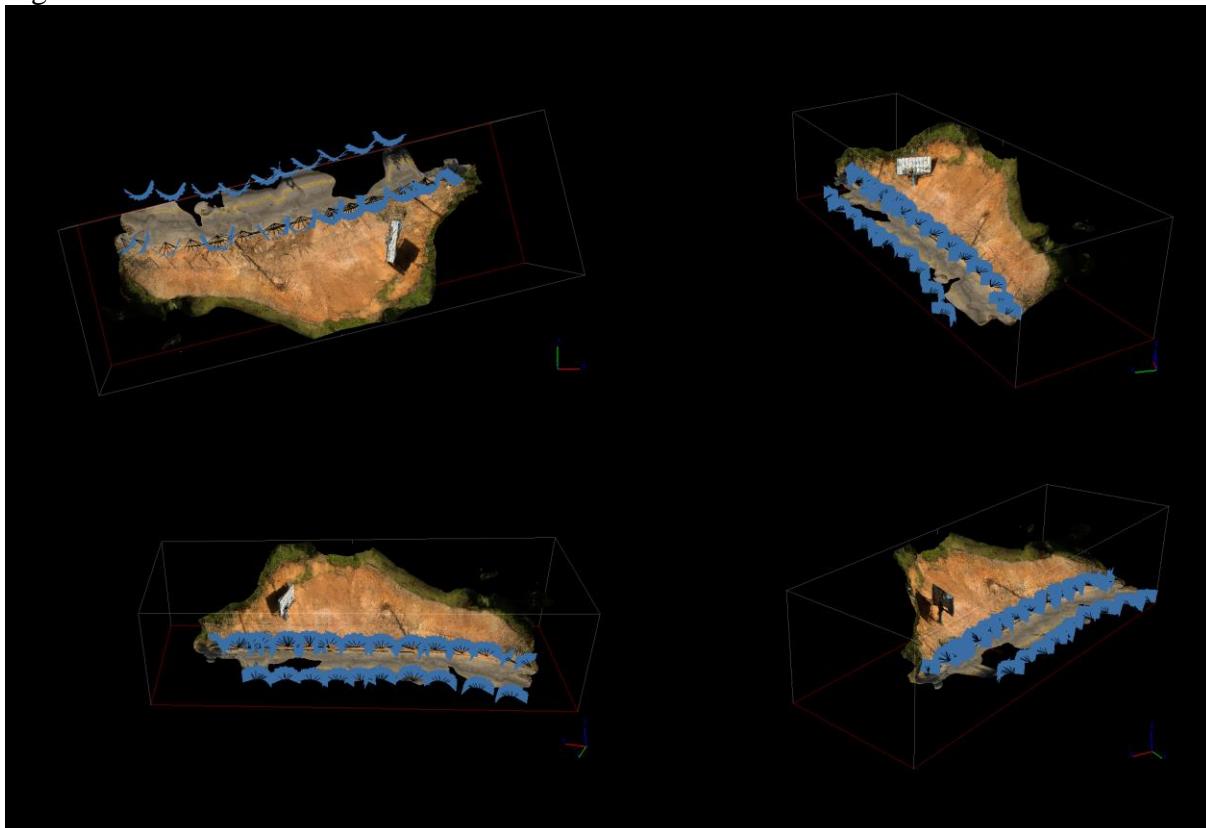
Figura 42 - Posição das tomadas fotográficas e nuvem de pontos esparsos



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018).

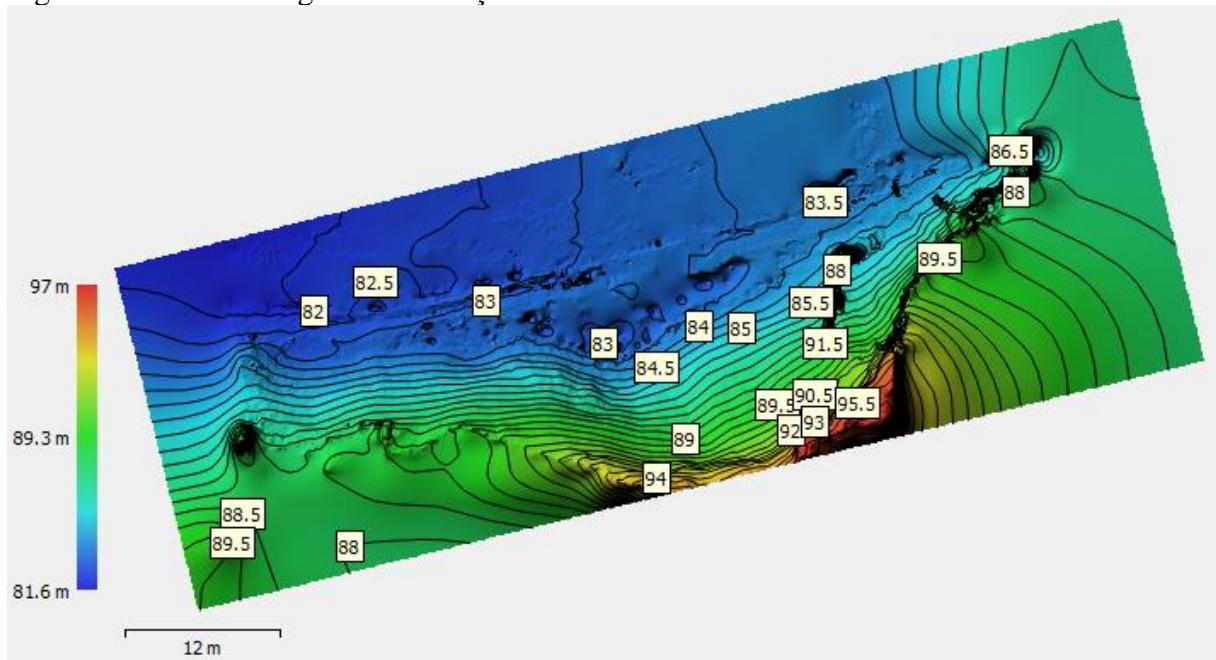
Os procedimentos relacionados a geração de malha 3D, modelo digital de elevação, ortofoto e curvas de nível geraram os respectivos produtos das Figuras 43, 44, 45 e 46.

Figura 43 - Malha 3D



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018).

Figura 44 - Modelo Digital de Elevação e curvas de nível



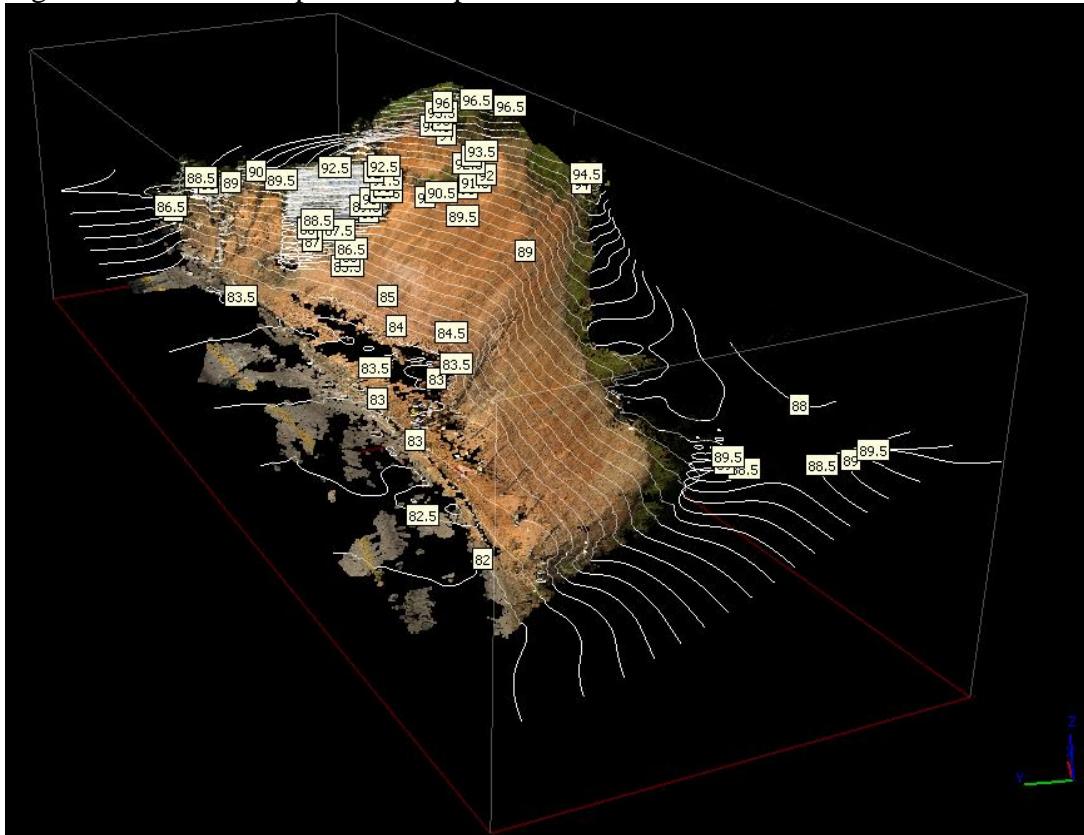
Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018).

Figura 45 - Ortoimagem



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018).

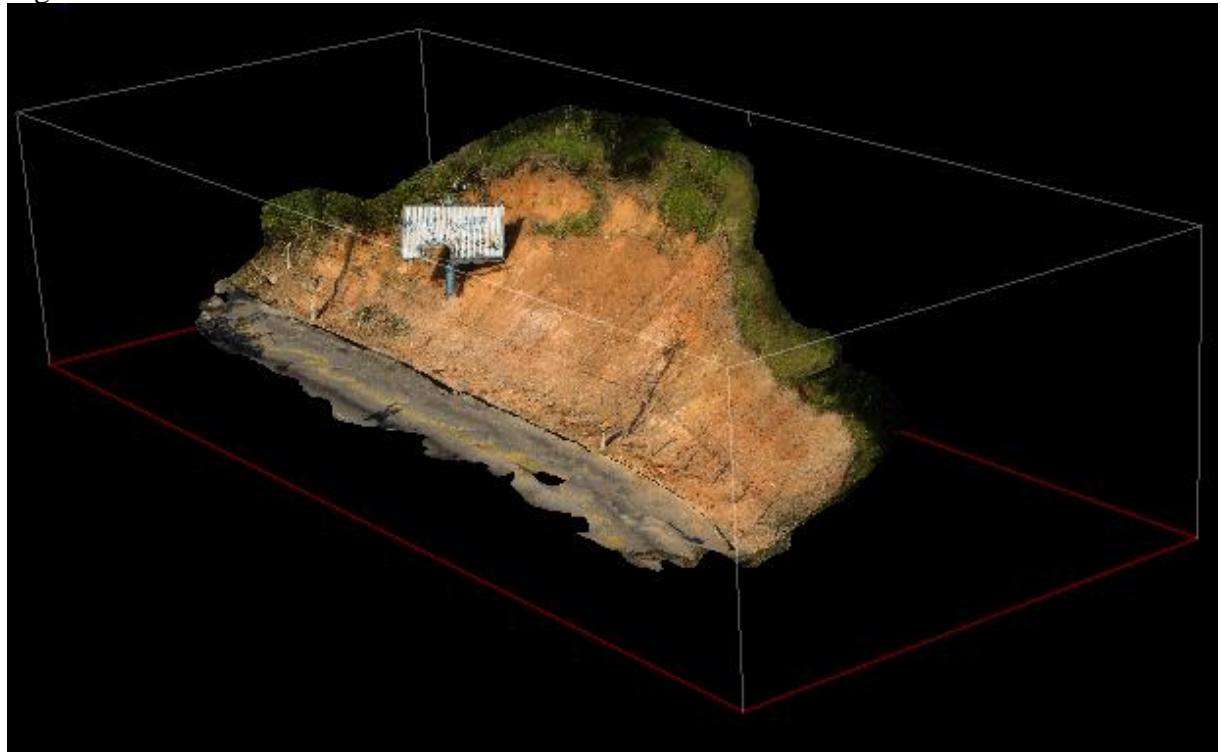
Figura 46 - Nuvem de pontos e shape 3D de curvas de nível



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018).

O processamento mesclou parâmetros já partindo de configuração entre high e ultra high (alto e muito alto), no entanto, não é possível garantir precisão geométrica, pois as imagens não tem geotag, outra referência espacial precisa. As referências quanto à escala também foram obtidas por meio do Google Earth Pro e inseridas posteriormente para amarrar o modelo no espaço. Desta forma, tal modelo serve apenas como referência visual para a mínima compreensão e verificação situacional (Figura 47).

Figura 47 - Modelo 3D de cicatriz resultante de movimento e massa



Fonte: Produção autoral, Print Screen do Photoscan (2018).

Findados os processos de geração de modelos 3D, a próxima etapa é referente à exportação dos modelos e disponibilização online. Quando processados, os modelos podem ser exportados em diversos formatos de arquivos, como:

- Wavefront OBJ (.obj)
- 3DS models (.3ds)
- VRML models (.wrl)
- COLLADA (.dae)
- Stanford PLY (.ply)
- STL models (.stl)
- Alembic (.abc)
- Autodesk FBX (.fbx)
- Autodesk DXF (.dxf)
- Autodesk DXF 3DFace (.dxf)
- OpenSceneGraph (.osg)
- U3D models (.u3d)
- Adobe PDF (.pdf)
- Google Earth KMZ (.kmz)

4.1.3 *Sketchfab*

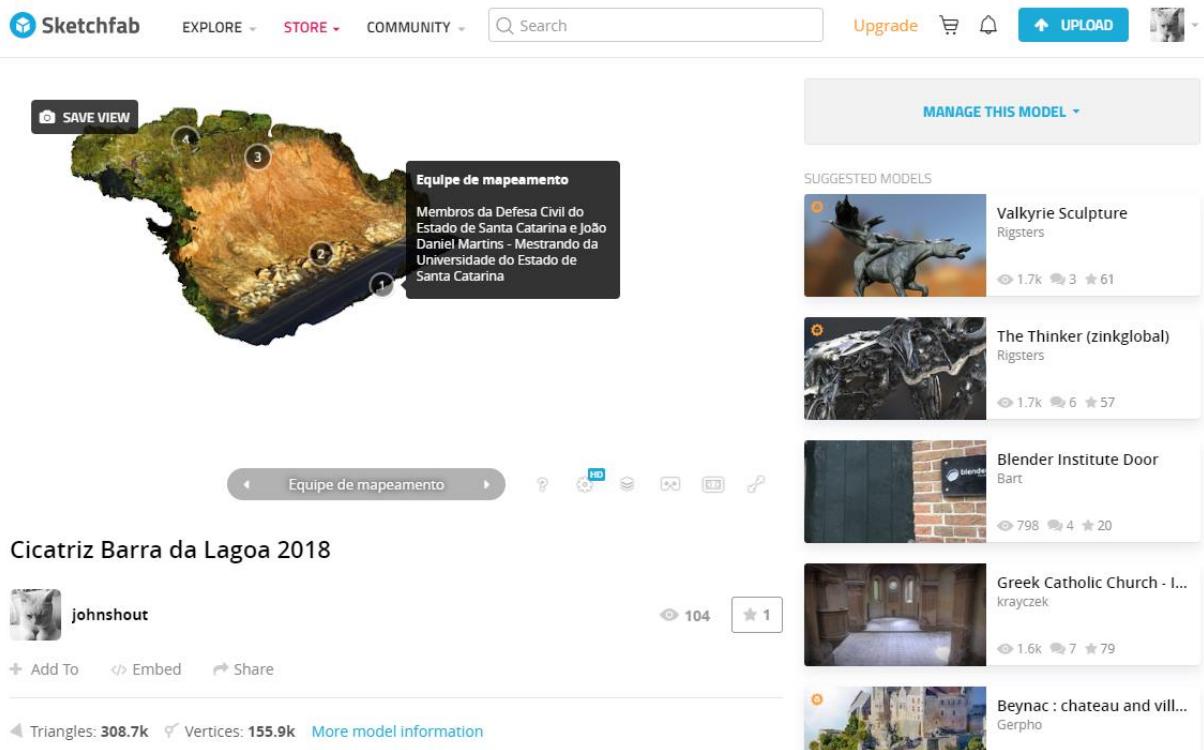
O Sketchfab (<http://www.sketchfab.com/>) foi a plataforma escolhida para receber os modelos 3D, isto, por ser gratuita e permitir a inserção de marcações, ou atributos pontuais às feições exportadas ao site, que aceita os seguintes formatos de objetos 3D:

- 3DC point cloud (.3dc, .asc)
- 3DS (.3ds)
- ac3d (.ac)
- Alembic (.abc)
- Alias Wavefront (.obj)
- Biovision Hierarchy (.bvh)
- Blender (.blend)
- Carbon Graphics Inc (.geo)
- Collada (.dae, .zae)
- *Design Web Format (.dwf)
- Designer Workbench (.dw)
- DirectX (.x)
- *Drawing eXchange Format (.dxf)
- Autodesk Filmbox, FBX (.fbx)
- GDAL vector format (.ogr)
- Generic Tagged Arrays (.gta)
- GL Transmission Format (.gltf, .glb)
- Initial Graphics Exchange Specification, IGES (.igs, .iges)
- Kerbal Space Program (.mu, .craft)
- Google Earth, Keyhole Markup Language (.kmz)
- LIDAR point clouds (.las)
- Lightwave (.lwo, .lws)
- Mimesys Q3D (.q3d)
- Minecraft (.mc2obj, .dat)
- Open Flight (.flt)
- Open Inventor (.iv)
- OpenSceneGraph (.osg, .osgt, .osgb, .osgterrain, .osgtgz, .osgx, .ive)
- Polygon File Format (.ply)
- Quake (.bsp)
- Quake / Valve source engine (.md2, .mdl)
- Shape (.shp)
- *Stereolithography, Standard Tessellation Language (.stl, .sta)
- Terrapage format database (.txp)
- Valve source engine (.vpk)
- Virtual Reality Modeling Language, VRML (.wrl, .wrz)

Quando carregado ao site, os modelos 3D podem ser visualizados em computador, ao acessar o link do modelo, ou por meio do celular, baixando o aplicativo (Sketchfab) na AppStore, para iOS, ou no GooglePlay, para usuários do sistema Andriod. Esta plataforma abriga fóruns de discussão e milhares de modelos 3D de inúmeros temas, como objetos artísticos, arquitetônicos, mecânicos e naturais do mundo real, bem como obras virtuais provenientes de ficção ou modelagem 3D para fins comerciais. Valendo-se das funções da

plataforma, os modelos 3D mapeados para este trabalho foram armazenados no seguinte endereço: “www.sketchfab.com/johnshout”. Quando acessados, são exibidos em uma janela interativa conforme exposto na Figura 48, a seguir:

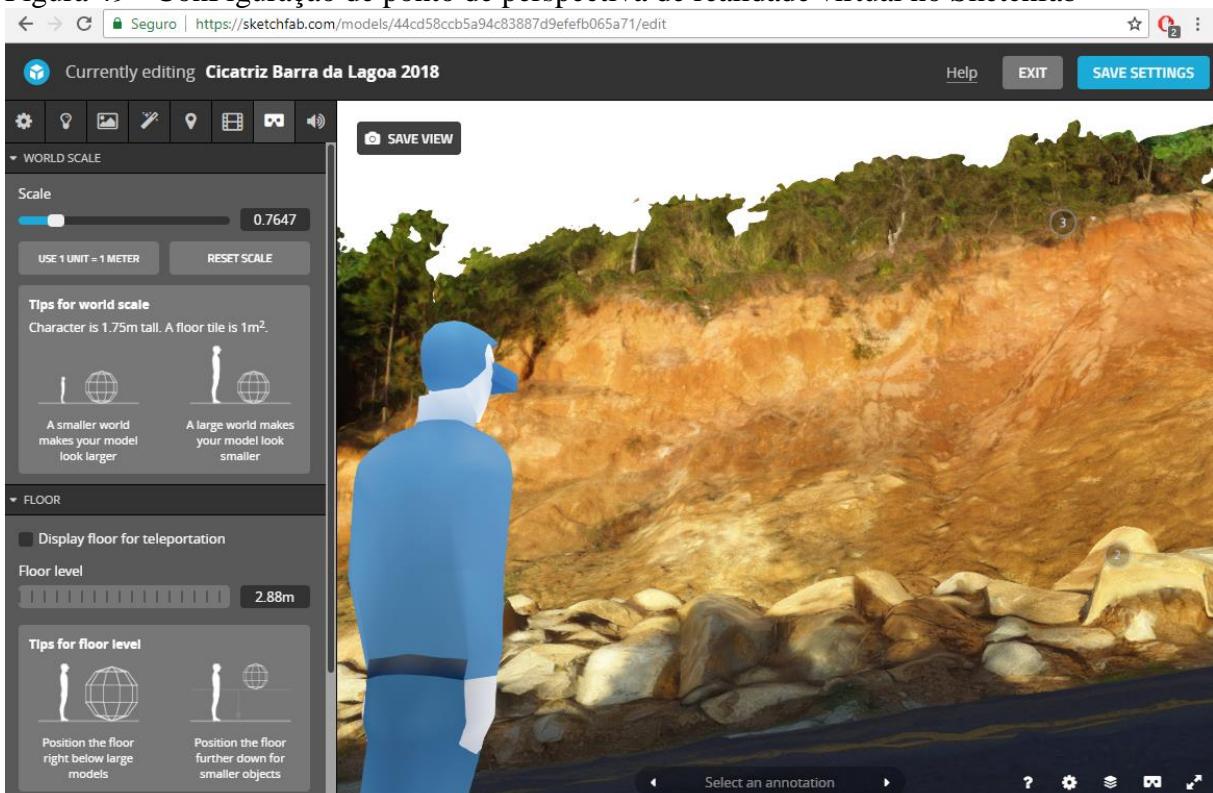
Figura 48 - Modelo 3D na plataforma Sketchfab



Fonte: Print Screen da plataforma Sketchfab para navegador (2018).

Além de hospedar os modelos para visualização em tela de computador ou smartphone, é possível obter maior interação entre o usuário e o modelo 3D, inserindo pontos de interesse e, também, por meio de Realidade Virtual. Ao editar as configurações do objeto na plataforma, é possível inserir um ponto de perspectiva para visualização do modelo em óculos VR. O layout de configuração de perspectiva no Sketchfab (Figura 49), o modelo de óculos de Realidade Virtual/VR (Figura 50) e um exemplo de como é exibida a informação para a visualização do modelo por meio do VR (Figura 51) estão nas imagens a seguir:

Figura 49 - ConFiguração de ponto de perspectiva de realidade virtual no Sketchfab



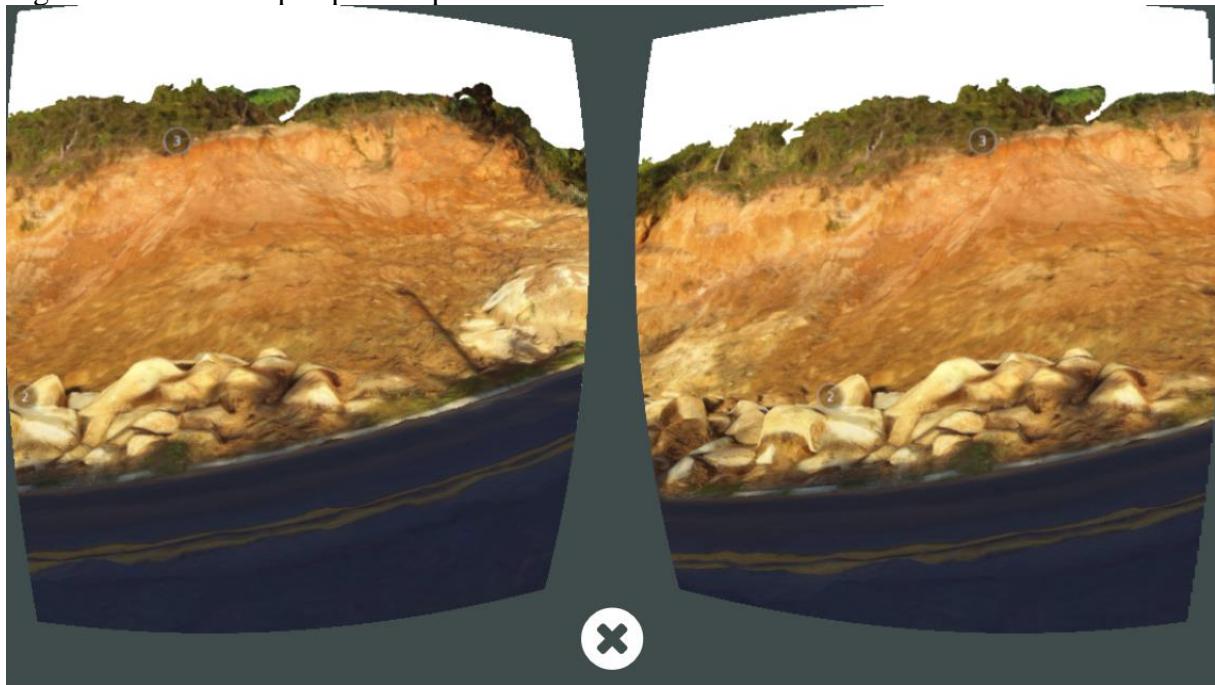
Fonte: Produção autoral, Print Screen da plataforma Sketchfab para navegador (2018).

Figura 50 - Óculos de realidade virtual (VR Cardbox)



Fonte: <https://variety.com/2015/digital/news/google-teams-up-with-gopro-for-vr-updates-cardboard-viewer-1201507581/>

Figura 51 - Visão de perspectiva por meio da realidade virtual



Fonte: Produção autoral, Print Screen do app Sketchfab para iOS (2018).

Para a utilização da tecnologia, por meio de smartphone, o usuário deve abrir o modelo pelo app, buscando pelo nome do modelo, então deve selecionar a opção “VR”, cujo o ícone remete ao formato do óculos (peça requerida para visualização): . Quando acessada, a opção divide a tela do aparelho em duas partes, simulando o afastamento natural do olho humano, com perspectiva relativa, também simulando a impressão de visualização tridimensional calculada pelo cérebro humano.

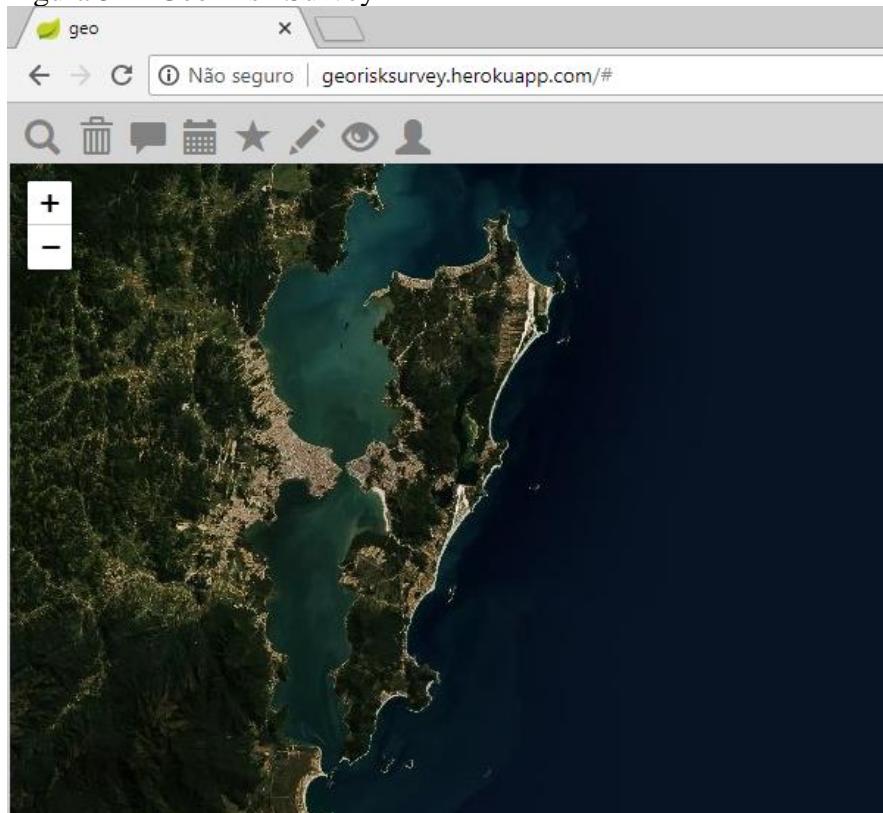
4.1.4 Criação da plataforma web

Para fins de divulgação, consulta e análise dos fenômenos, também hospedagem e direcionamento dos produtos gerados neste trabalho, foi desenvolvida uma plataforma web, intitulada “Geo Risk Survey” (disponível no endereço: <http://www.georisksurvey.herokuapp.com>), onde os modelos tridimensionais mapeados podem ser inseridos pontualmente em locais georreferenciados, em um mapa base advindo do Leaflet. Por meio dos conhecimentos em programação do Bacharel em Ciências da Computação João Pedro Pontes Martins, após diversas reuniões com o autor, foi desenvolvido um código fonte HTML, integrando biblioteca CSS e Javascript, para a formulação de um layout para utilização do usuário, no caso da proposta, a princípio Defesa Civil e Corpo de Bombeiros. As

informações estão hospedadas na plataforma gratuita Heroku, cujo o banco de dados é resgatado junto ao, também gratuito, MongoDB para buscar as informações dos fenômenos registrados. Os modelos 3D foram incorporados via disponibilização de código fonte do Sketchfab para incorporação em HTML.

A plataforma desenvolvida é uma versão preliminar de uma proposta de sistema de gestão de modelos 3D de feições relacionadas a desastres. Até o momento apresenta ferramentas de consulta no painel superior que abre uma coluna na lateral direita, mostrando os modelos 3D cadastrados; ao clicar na tela é possível inserir novos modelos. Baseado no relatório cedido pela Defesa Civil do Estado de Santa Catarina (anexo 2 – Laudo Geológico, p. 15), foi criada a opção de “categoria de risco: baixo, médio, alto e muito alto”, que pode ser vinculada à um modelo de fenômeno no momento do cadastro na plataforma. O layout da página e as opções que a proposta de plataforma oferece, presente no site, pode ser verificada na Figura 52, a seguir:

Figura 52 - Geo Risk Survey



Fonte: Produção autoral, Print Screen da plataforma Geo Risk Survey (2018).

4.2 PRODUTO

Visando uma alternativa aos métodos tradicionais de imageamento e monitoramento para sanar problemas relacionados a riscos e desastres, isto, a um baixo custo para o Estado e órgãos de Segurança Pública, tanto quanto aos recursos financeiros – o preço médio para aquisição do software de fotogrametria aqui empregado, o Photoscan, é de US\$3.500,00 dólares, e, para processar os dados coletados é necessário um computador robusto, cujas peças podem variar conforme a necessidade da organização – quanto aos recursos humanos, o presente trabalho buscou realizar uma pesquisa integradora de ferramentas que dessem suporte ao planejamento e que auxiliassem no desenvolvimento de metodologia para a criação de bases de dados que, por sua vez, deem suporte e facilitem a geração de respostas rápidas e eficazes por meio do registro, processamento e catalogação de experiências com geotecnologias para situações de prevenção, monitoramento e respectiva resposta a desastres.

Por meio das ferramentas aqui empregadas, o trabalho apresentou como resultado uma proposta de metodologia de coleta de dados, geração de modelos 3D e criação de plataforma que une tecnologias, como RPA e softwares de programação e fotogrametria, descomplicando processos de geração de produtos espaciais que possam dar suporte aos procedimentos já existentes quanto à tomada de decisão. O nível de detalhe das feições em 3D pode ser adaptado às necessidades da ocasião, visualizadas através do computador, smartphone ou pelos óculos de realidade virtual; pode dar uma maior imersão, que vai muito além das palavras que compõem um relatório; pode extrapolar os limites geográficos quanto a tomada de decisão. Além disso, a feição permanece estática quanto à sua forma no tempo, permitindo o acompanhamento *ad eternum* de sua evolução, enquanto forem feitas atualizações de mapeamento das áreas de interesse. A virtualização das feições, como em situações de riscos de desastres, pode servir como um meio para acompanhar e compreender a evolução de situações de desastres diversos. Assim, também pela realidade virtual, é possível ter uma noção cuja perspectiva é relativa a realidade local, indo além das curvas de nível ou de um modelo digital de terreno vistos em um mapa 2D em escala 1:1000, por exemplo, ou mesmo maior.

Em adição, desenvolveu-se o “Geo Risk Survey”, que é um passo para a disponibilização de dados para a compreensão do espaço, neste caso, quanto à situação de riscos de desastres diversos, para integrar levantamentos realizados pela administração pública por meio da Defesa Civil e Corpo de Bombeiros para o direcionamento de recursos e ações.

Em relação ao produto já disponibilizado pela Defesa Civil, o laudo técnico também poderia incorporar, além da versão impressa, ou arquivo .pdf, uma versão online para

caracterização geométrica tridimensional das áreas de risco que necessitam atenção. Os produtos gerados no trabalho podem ser empregados também junto a técnicas de coleta de pontos de controle (GPS/GNSS), isto, para a geração de produtos cartográficos mais precisos, por meio dos recursos de softwares SIG, como o ArcMap ou QGIS.

Apesar do erro altimétrico dos produtos gerados por meio das imagens captadas pelos equipamentos da DJI, para o modelo da SC-406 as coordenadas de latitude e longitude apresentam pouco deslocamento, isto, no sistema WGS84. O deslocamento em metros ou centímetros não pôde ser mensurado em virtude da diferença de resolução do material de apoio para conferência. O mapa base, advindo do aerolevantamento da SDS de 2010, apresenta resolução espacial de 0,39m, frente à 0,06m da ortoimagem gerados por meio da metodologia proposta. Sobre a mesma área, a Figura 53 remete à um recorte com sobreposição de imagem da mesma área, evidenciando a diferença de resolução espacial, onde o produto gerado no trabalho (à esquerda) se apresenta sobre o produto da SDS (à direita).

Figura 53 - Diferença de resolução espacial em imagens sobrepostas da SC-406



Fonte: Produção autoral (2018).

Buscando difundir o conhecimento gerado e fazer cumprir a função social da universidade e sua tríade, ensino-pesquisa-extensão, foi desenvolvida e aplicada uma oficina (Figura 54) intitulada: “Da aerofoto ao SIG”, no dia 17/07/2018, cujo o público alvo fora a Defesa Civil e alunos de graduação e pós-graduação.

Figura 54 - Oficina: Da aerofoto ao SIG



Foto: Maria Carolina Soares (2018).

Na ocasião, o cronograma de 8 horas teve a seguinte estrutura:

1 MATUTINO

1.1 TEORIA

1.1.1 Virtualização – Conceito

O que é virtualização? Quais as vantagens de virtualizar e espacializar uma informação?

1.1.2 Drone/RPAS – Tipos e aplicações

Quais são os tipos de drones/rpas? Como a tecnologia vem sendo aplicada?

1.1.3 Mapeamento – Origem e momento atual

Como começaram as atividades de mapeamento e como são feitas contemporaneamente?

1.1.4 Softwares de obtenção de imagens e plano de voo

Pix4D, DroneDeploy e DJI.

1.1.5 Softwares de fotogrametria

Pix4D, DroneDeploy, PhotoScan e VisualSFM.

1.1.6 Sistemas de Informação Geográfica

ArcGIS e QGIS.

1.2 PRÁTICA

1.2.1 Verificação do equipamento

Carga das baterias (drone e rádio controle), integridade física (estrutura e hélices).

1.2.2 Verificação das condições climáticas

Utilização da plataforma UAV Forecast (<https://www.uavforecast.com/#>)

1.2.3 Criação do plano de voo

Utilização do software Pix4Dcapture para criação de missão de voo.

1.2.4 Realização do voo

Aplicação do plano de voo nas imediações da UDESC.

2 VESPERTINO

2.1 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS

Criação de projetos por meio do PhotoScan.

2.1.1 Geração de produtos

2.1.1.1 Nuvem de Pontos

Seleção de imagens e criação de nuvem de pontos.

2.1.1.2 Criação do Modelo 3D

Criação de malha (mesh) e verificação do modelo 3D.

2.1.1.3 Modelo Digital de Elevação

Criação de Modelo Digital de Elevação - MDE e exportação do produto.

2.1.1.4 Ortofoto

Criação da ortoimagem utilizando o MDE como superfície; exportação de ortofoto/ortomosaico.

2.2 CRIAÇÃO DE MAPAS EM AMBIENTE SIG

ArcGIS; importação do ortomosaico; criação de shapes e tabela de atributos; criação de mapas.

2.3 DISPONIBILIZAÇÃO DE MODELOS 3D VIA WEB

Utilização da plataforma Sketchfab.

Quanto à sua aplicabilidade, os agentes da Defesa Civil manifestaram interesse em realizar seus levantamentos em consonância com a tecnologia apresentada. Pois, a análise de áreas de risco, que requer a presença do agente em campo, pode ser estendida às plataformas virtuais. Desta forma, as condicionantes físicas e temporais podem ser extrapoladas, logo, cada área de interesse pode ser analisada em escritório, não expondo a vida de pessoas à perigos do local.

A metodologia, descolada do tempo, permite uma verificação *ad hoc* minuciosa, quando necessário, em conformidade com cada situação. No tocante deste trabalho, apenas para verificação das condições do local, mas, para outras aplicações, também serve como suporte à tomada de decisão e planejamento de ação, bem como a elaboração de relatório pertinente.

Como suporte à visualização da situação de risco de desastre, a realidade virtual é uma ferramenta de imersão. Assim, supondo que o agente de segurança pública responsável pela tomada de decisão precise de um panorama mais detalhado que vá além do relatório, ele pode ter, na perspectiva do local afetado pelos desastres, uma maior noção a respeito de que medidas devem ser tomadas para alcançar situação de normalidade ou diminuição dos danos causados.

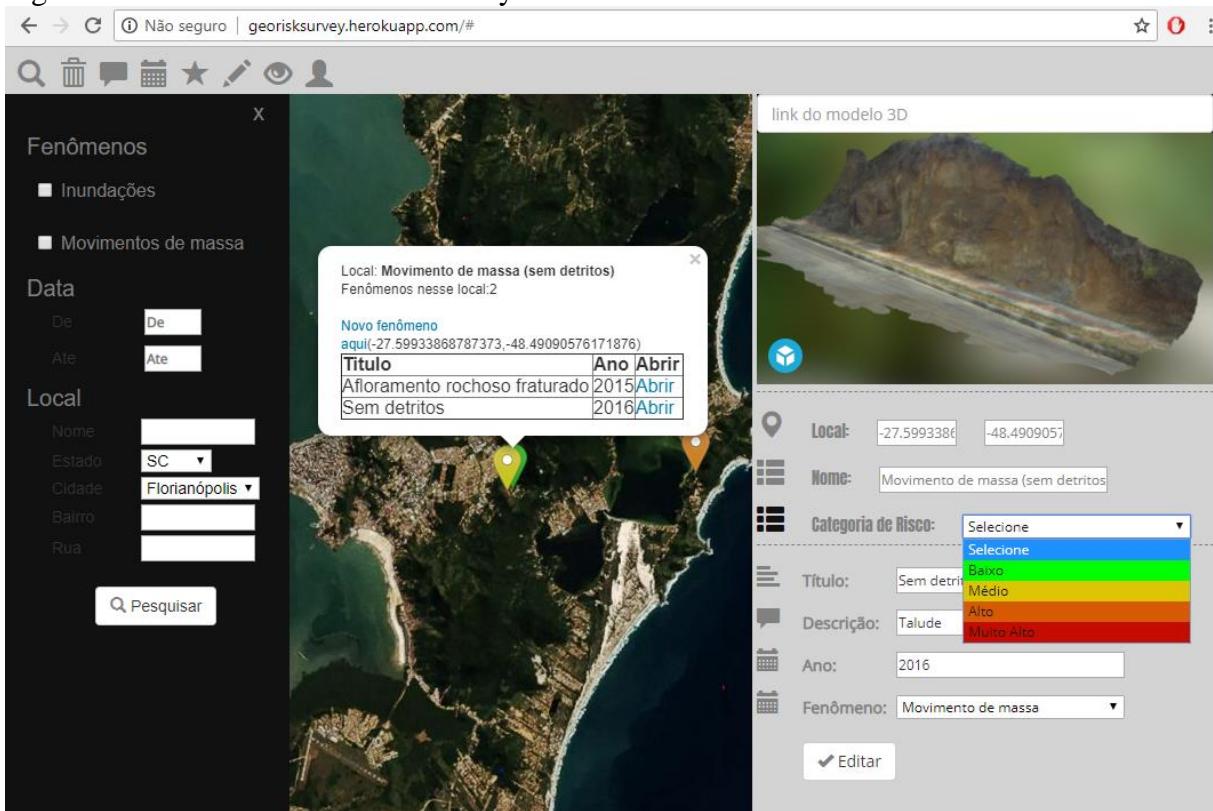
A qualidade de cada produto é determinada pelo nível de detalhe que se deseja obter, específico à cada finalidade. Isto depende, além do processo de obtenção de imagens (por RPA ou câmera convencional), da capacidade do computador em processar os dados nele inseridos. O geotag é uma funcionalidade fundamental quando ao produto gerado pelo software de fotogrametria, no entanto, caso a situação não permita, o método de tomada de fotografias convencionais pode ser uma alternativa.

O tempo necessário à presença física da equipe no local pode ser considerado uma vantagem que o método oferece, pois, é necessário, dependendo o tamanho da área, poucos minutos para o mapeamento, levando em consideração que a bateria dos drones comerciais dura cerca de 20 minutos, aproximadamente.

A desvantagem se refere ao custo financeiro e pessoal, pois, além da aquisição dos equipamentos (RPAS + Software de fotogrametria + computador) é preciso ter uma pessoa capacitada para a realização das etapas para geração dos modelos, tarefas de vetorização e geoprocessamento em ambiente SIG, bem como a alimentação da plataforma e análise do sistema, buscando melhorias conforme o uso da instituição pública interessada.

Quanto as ferramentas da plataforma (Figura 55), foi criado um menu para a consulta das feições registradas, onde o ícone: “” abre um painel na lateral esquerda com os filtros de consulta. Quando realizada, a consulta mostra no mapa os pontos registrados, cujo as cores estão relacionadas à “categoria de risco” nas cores verde, amarelo, laranja e vermelho, com o intuito de representar risco baixo, médio, alto e muito alto, respectivamente para cada feição. Ao clicar no ponto de interesse um pop-up é exibido com o nome do local do fenômeno e o título do registro, ano, bem como as coordenadas (em graus decimais). Ao selecionar a opção “Abrir”, é aberto um painel na lateral direita da página, onde o modelo 3D é exibido, seguido das informações registradas junto ao objeto.

Figura 55 - Painéis do Geo Risk Survey



Fonte: Print Screen da plataforma Geo Risk Survey (2018).

5 CONCLUSÕES

Buscou-se com a realização deste trabalho gerar uma plataforma com produtos digitais interativos, modelos 3D, que ofereçam suporte à análise da situação em locais de interesse quanto a temática de riscos de desastres, para o planejamento de ações dos órgãos relacionados à gestão da temática e respostas em situações enfrentadas pela Defesa Civil e Corpo de Bombeiros. Plataformas como o S2ID poderiam incluir em seu layout um campo para modelos 3D, como apporte técnico para melhor compreensão das situações de requisição de recursos por meio de relatórios enviados ao sistema.

A visualização do espaço é o ato primordial para tomada de decisão e planejamento de ações. Porém, ainda é necessário o desenvolvimento de outras funções para o Geo Risk Survey, que possibilitem a análise dos fenômenos de forma mais detalhada quanto à sua tipologia e caracterização.

O que se pôde inferir com as tecnologias aqui trabalhadas é que equipes de monitoramento e levantamento de dados de áreas de risco podem ter mais tempo para observação das condicionantes físicas de áreas propícias à ocorrência de fenômenos perigosos, isto, por meio da análise em ambiente virtual, em Realidade Virtual, Realidade Aumentada ou mesmo na tela de um computador. A resolução temporal depende da rotina de cada equipe de monitoramento, logo, a alta periodização pode ser fundamental, dependendo das dinâmicas do objeto de estudo.

Evidentemente, é possível mapear apenas a realidade atual por meio dos métodos propostos, e, também, planejar atividades de mapeamento futuro. Por fim, o que foi elaborado consistiu em uma aplicação do modelo de metodologia desenvolvida, da plataforma criada e de como elas podem funcionar.

A plataforma desenvolvida (Geo Risk Survey) ainda está em estágio inicial, no entanto, vale como proposta para a criação de um sistema para diferentes níveis de administração em situação de riscos de desastres, desde as esferas municipais até o âmbito nacional. Um sistema de informações geográficas que vincule dados quantitativos à forma real do fenômeno pode auxiliar na compreensão dos eventos, geração de conhecimento e direcionamento adequado dos recursos de forma específica para cada campo de ação, como reformas e outras medidas estruturantes.

Quanto aos usuários, por enquanto o acesso é aberto, no entanto, planeja-se vincular níveis de acesso à edição e inserção de dados, focando no público alvo: Defesa Civil e Corpo

de Bombeiros, em primeiro momento. Para a simples consulta e visualização das feições 3D pretende-se que o acesso seja livre.

Para exercícios futuros serão abordadas as possibilidades de integração de bancos de dados vetoriais como suporte à geração de relatórios, produtos cartográficos ou estudos mais amplos em relação às áreas onde as feições 3D possam estar inseridas.

Desta forma, em função do caráter profissional do Mestrado em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental da UDESC, buscando devolver de alguma maneira os recursos investidos na instituição de ensino superior, empenhou-se esforços para unir ferramentas que atendam à uma demanda real quanto à segurança pública, algo que seja útil, de fato, como suporte para sanar problemas da sociedade, e, quem sabe, salvar vidas.

6 REFERÊNCIAS

AGISOFT LLC. **Agisoft PhotoScan User Manual: Standard Edition, Version 1.4**, 2018. <Disponível em: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_4_en.pdf> Acesso em: 06 mai. 2018.

AIRBUS Defense & Space. **SPOT 6 | 7 Alta Resolução Ampla Cobertura**. AIRBUS DS. Disponível em <<http://www.intelligence-airbusds.com/br/3854-spot-6-7>> Acesso em: 17 abril 2017

BEAL, Adriana. **Gestão estratégica da informação**. São Paulo: Atlas, 2004.

BECCARIO, Cameron. **Earth NullSchool**. Disponível em: < <https://earth.nullschool.net/>>. Acesso em: 29 jul. 2018.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. **Política Nacional de Defesa Civil**. Brasília: Secretaria Nacional de Defesa Civil, 2007. <disponível em: http://www.mi.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=6aa2e891-98f6-48a6-8f47-147552c57f94&groupId=10157>

CÂMARA, Gilberto. **Sistemas de Informação Geográfica para Aplicações Ambientais e Cadastrais: Uma Visão Geral**. In: Moacir de Souza e Silva. (Org.). Cartografia, Sensoriamento e Geoprocessamento. 1a.ed.Lavras: Universidade Federal de Lavras - UFLA, 1998, v. unico, p. 59-88.

CARUSO JUNIOR, Francisco. **Mapa Geológico da Ilha de Santa Catarina. NOTAS TÉCNICAS**. Centro de Geologia Costeira e Oceânica (CECO). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, no . 6, dez/1993. 28p.

COLOMINA, Ismael; MOLINA, Pere. **Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review**. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, volume 92, p.79-97, 2014.

DEFESA CIVIL. <<http://www.defesacivil.sc.gov.br/index.php/ultimas-noticias/3941-santa-catarina-registrou-ate-51-dias-de-chuva.html>> Acesso em 10 nov. 2016.

DJI. **Matrice 100**. Disponível em: <<https://www.dji.com/matrice100/info#specs>>. Acesso em: 14 mar. 2017.

DJI. **Phantom 3.** Disponível em: <<https://www.dji.com/phantom-3-se/info?lang=cn#specs>> Acesso em: 14 mar. 2017.

DRONE INDUSTRY INSIGHTS. <<https://www.droneii.com/top20-drone-company-ranking-q3-2016>> Acesso em: 15 abril 2017

DRONES GLOBE. **5 most popular drones in april 2017.** Disponível em: <http://www.dronesglobe.com/blog/april-2017-top-selling/>. Acesso em: 06 jun. 2017.

ENGLANDER, Irv. **A arquitetura de hardware computacional, software de sistema e comunicação em rede : uma abordagem da tecnologia da informação.** 4 ed. Algum lugar: LTC, 2011. 565p.

EPAGRI CIRAM. **Climatologia de Chuvas.** Florianópolis, 2018. Disponível em: <http://ciram.epagri.sc.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=141&Itemid=363>. Acesso em: 06 mai. 2018.

HASSANALIAN, Mostafa; ABDELKEFI. **Abdessattar. Classifications, applications, and design challenges of drones: A review.** Progress in Aerospace Sciences, volume 91, p.99-131, 2017.

HORSTMANN, Cay. **Conceitos de computação em Java.** Tradução, Edson Furmarkiewicz. Porto Alegre - RS: Bookman Companhia Ed. 5^a edição., 2009.

JOHNSON, Steven. **O mapa fantasma: como a luta de dois homens contra o cólera mudou o destino de nossas metrópoles.** Tradução, Sérgio Lopes. – Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2008.

LANE, Jonathan; MOSCOVITZ, Meitar; LEWIS, Joseph R. **Foundation Website Creation with CSS, XHTML, and JavaScript.** 1.ed. Berkeley, CA: Friends of ED, 2008. 335 p.

LAUDON, Kenneth; LAUDON, Jane. **Sistemas de informação gerenciais.** 9 ed. – São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2010.

LAVELL, Allan; ALCÁNTARA-AYALA, Isasema; BURTON, Ian; Oliver-Smith, Anthony. **A construção social do risco de desastres: em busca das causas básicas**– in Reduction of vulnerability to disasters: from knowledge to action – e-book 2017

LÉVY, Pierre. **O que é virtual?** São Paulo: Ed. 34, 1996. 157p.

LIU, William Tse Horng. **Aplicações de Sensoriamento Remoto.** Campo Grande: Uniderp, 2007. p. 881

MEIER, Patrick. **Aerial Robotics in the Land of Buddha.** <<https://irevolutions.org/2015/09/28/aerial-robotics-in-the-land-of-buddha/>> Acesso em 25 de agosto de 2017.

MILITARY FACTORY. **Northrop Grumman RQ-4 Global Hawk Unmanned Aerial Vehicle** <http://www.militaryfactory.com/aircraft/detail.asp?aircraft_id=40> Acesso em 05 maio 2017

NOGUEIRA, Ruth Emilia. **Cartografia: representação, comunicação e visualização de dados espaciais.** 3^aed. Florianópolis, Ed. UFSC, 2009.

OLIVEIRA, Cêurio de. **Dicionário Cartográfico.** 2. ed. Rio de Janeiro, IBGE, 1983.

PANITZ, Hans-Jürgen. **High Resolution Climate Modeling.** Institut für Meteorologie und Klimaforschung, Karlsruher Institut für Technologie. KIT, Germany. 2014.

REMONDINO, Fabio; BARAZZETTI, Luigi; NEX, Francesco; SCAIONI, Marco. SARAZZI, Daniele. **UAV PHOTOGRAMMETRY FOR MAPPING AND 3D MODELING – Current status and future perspectives,** International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Zurich, Switzerland, volume 38-1/C22, 2011.

ROCHA, Helder Lima Santos. **HTML: Como Criar Sua Home Page.** 1. ed. Rio de Janeiro: IBPI Press, 1996. v. 1. 183p.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado de Coordenação Geral e Planejamento. Subsecretaria de Estudos Geográficos e Estatísticos. **Atlas Escolar de Santa Catarina.** Rio de Janeiro, RJ: Aerofoto Cruzeiro, 1991 p.19

SARTE, Atila Medeiros. **PROPOSTA DE PADRONIZAÇÃO DO SERVIÇO DE AERONAVES REMOTAMENTE PILOTADAS NO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA.** Monografia apresentada ao Curso de Comando e Estado Maior e ao Curso de Espacialização em Gestão Pública com Ênfase à Atividade de Bombeiro Militar. ESAG, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2017.

SCHENK, Toni. **Introduction to Photogrammetry**. Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, The Ohio State University, Columbus, OH, United States of America, 2005.

SIEBERT, Sebastian; TEIZER, Jochen. **Mobile 3D mapping for surveying earthwork projects using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) system**. Automation in Construction, volume 41, p1-14, 2014.

TIOBE. **Tiobe Index**. Disponível em: <<https://www.tiobe.com/tiobe-index/>>. Acesso em: 04 jun. 2018.

TOMINAGA, Lidia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela do, - Org. **Desastres naturais: conhecer para prevenir**. 2. ed. São Paulo : Instituto Geológico, 2012.

TOMLINSON, Roger. **Origins of the Canada Geographic Information System**. Disponível em: <<http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/origins-of-the-canada-geographic-information-system.html>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

TOMLINSON, Roger. **The 50th Anniversary of GIS**. Disponível em: <<http://www.esri.com/news/arcnews/fall12articles/the-fiftieth-anniversary-of-gis.html>>. Acesso em: 25 mai. 2018.

TOMMASELLI, Antônio Maria Garcia. **Fotogrametria Básica**. Presidente Prudente: Departamento de Cartografia, 1999 (Apostila).

UYBAL, Murat; TOPRAK, Ahmet Suat; POLAT, Nizar. **DEM generation with UAV Photogrammetry and accuracy analysis in Sahitler hill, Measurement**, volume 73, p.539-543, 2015.

7 APÊNDICES

7.1 APÊNDICE 1 – CÓDIGO FONTE DO GEO RISK SURVEY

```

<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <meta charset="utf-8">
    <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-
scale=1.0">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="IE=edge">
    <title>geo</title>
    <link rel="stylesheet"
    href="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/font-
awesome/4.7.0/css/font-awesome.min.css">
    <link rel="stylesheet"
    href="https://fonts.googleapis.com/icon?family=Material+Icons">
    <!-- jquery e bootstrap-->
    <script src="https://code.jquery.com/jquery-
1.12.0.min.js"></script>
    <script
    src="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.7/js/bootstrap.mi
n.js"></script>
    <link rel="stylesheet"
    href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.7/css/bootstrap.
min.css">
    <!--link rel="stylesheet" href="style.css">
    <script
    src="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/3.3.1/jquery.min.j
s"></script>

    <!--modelo 3d-->
    <script type="text/javascript"
src="https://static.sketchfab.com/api/sketchfab-viewer-
1.1.0.js"></script>
    <!-- estilos do menu lateral expansivel-->
    <link rel="stylesheet" href="estilos.css " />
    <!-- eventos do menu lateral -->
    <script type="text/javascript" src="scripts.js"></script>
    <!-- estilos pro mapa-->
    <link rel="stylesheet"
    href="https://unpkg.com/leaflet@1.3.1/dist/leaflet.css"
        integrity="sha512-
Rksm5RenBEKSKFjgI3a41vrjkw4EVPlJ3+Oii65vTjIdo9brlAacEuKOiQ5OFh7cOI1b
kDwLqdLw3Zg0cRJAAQ=="
        crossorigin="" />
    <!-- scripts para criacao do mapa -->
    <script src="https://unpkg.com/leaflet@1.3.1/dist/leaflet.js"
        integrity="sha512-
/Nsx9X4HebavoBvEBuyp3I7od5tA0UzAxs+j83KgC8PU0kgB4XiK4Lfe4y4cgBtaRJQE
IFCW+oC506aPT2L1zw=="
        crossorigin=""></script>

```

```

<link
href="https://fonts.googleapis.com/css?family=Anton|Open+Sans"
rel="stylesheet">
<script>
$(function() {
    $("#barra-superior").load("filtros/menu.html");
    $("#filtro-inundacoes").load("filtros/filtro-
inundacoes.html");
    $("#filtro-deslizamentos").load("filtros/filtro-
deslizamentos.html");
    $("#filtro-data").load("filtros/filtro-data.html");
    $("#filtro-local").load("filtros/filtro-local.html");
})
</script>
</head>
<body>

<div id="barra-superior" style="display: table;">
</div>

<div id="barra-lateral" class=" sidenav">
    <a href="javascript:void(0)" class="closebtn"
onclick="closeNav()">x</a>
    <!-- fenomenos -->
    <a href="#">Fenômenos</a>
    <div class="divTable">
        <div class="divTableBody">
            <!-- inundacoes -->
            <div class="divTableRow" id="filtro-deslizamentos">
            </div>
            <!-- deslizamentos -->
            <div class="divTableRow" id="filtro-inundacoes">
            </div>
        </div>
    </div>
    <!-- data -->
    <a href="#">Data</a>
    <div id="filtro-data">
    </div>
    <!-- local -->
    <a href="#">Local</a>
    <div id="filtro-local">
    </div>
    <br>
    <!-- BOTAO PESQUISAR -->
    <div class="divTable2">
        <div class="divTableBody2">
            <div class="divTableRow2">
                <div>
                    <button type="button"
onclick="montarFiltros();"
                        class="btn btn-default" style="margin-left:
40px;">

```

```

        <span class="glyphicon glyphicon-search"></span>
            Pesquisar
            </button>
        </div>
    </div>
</div>
</div>
<!-- FIM BARRA LATERAL -->

<!--
#####
-->
<!--MAPA E CONTEUDO-->
<div id="main" style="width: 100%; height: 100%; display:
table;">
    <!--CONTEUDO-->
    <div style="display: table-row;">
        <!--MAPA-->
        <div id="mapa" style="display: table-cell; width: 75%;">
class="principais">
    </div>
    <!--MODELO3D E DETALHES-->
    <div id="conteudo" style="display: none; "
class="principais">
        <!-- MODELO 3D-->
        <div id="modelo-3d" class="linha">
            <!-- campo do link do modelo 3d-->
            <input class="form-control tamanho" id="link-
modelo-leitura"
placeholder="link do modelo 3D" type="text">

<iframe id="frame-modelo3d" width="400"
height="220"
src="https://sketchfab.com/models/bac4126dc94641af98a257efed96c6fa/e
mbed"
frameborder="0" allowvr allowfullscreen
mozallowfullscreen="true"
webkitallowfullscreen="true" onmousewheel="">
        </iframe>
    </div>
    <!-- DETALHES -->
    <div class="linha">
    </div>
    <div class="line"></div>
    <!-- CAMPOS DA LEITURA -->
    <div id="leitura-campos" class="linha table-row">
        <span class="glyphicon glyphicon-map-marker desc"
style="font-size: 24px;">

```

```

        <span class="title-text">Local:</span>
        <input id="leitura-latitude" type="text"
placeholder="Latitude" class="linha cadastro-campos-pq"></input>
        <input id="leitura-longitude" type="text"
placeholder="Longitude" class="linha cadastro-campos-pq"></input>
    </span>

        <span class="glyphicon glyphicon-th-list desc"
style="font-size: 24px;">
        <span class="title-text">Nome:</span>
        <input id="leitura-nome" type="text" class="linha
cadastro-campos"></input>
    </span>

        <span class="glyphicon glyphicon-th-list desc"
style="font-size: 24px;">
        <span class="title-text">Categoria de
Risco:</span>
        <select id="leitura-risco" name="fenomeno"
class="cadastro-campos" class="line1">
            <option value="" selected>Selecione</option>
            <option value="B" class="baixo">Baixo</option>
            <option value="M" class="medio">Médio</option>
            <option value="A" class="alto">Alto</option>
            <option value="MA" class="muito-alto">Muito
Alto</option>
        </select>
    </span>
</div>

<div class="line"></div>
<div id="leitura-campos2" class="linha table-row">
    <div class="divTable">
        <div class="divTableBody">
            <!--TITULO-->
            <div class="divTableRow">
                <div class="divTableCell">
                    <span class="glyphicon glyphicon-align-left desc"
style="font-size: 20px;">
                    <span class="simple-
text"><b>Titulo:</b>
                    </span>
                </div>
                <div class="divTableCell">
                    <input id="leitura-titulo" type="text"
class="linha cadastro-campos">
                    </input>
                </div>
            </div>
        </div>
        <!-- DESRICAO-->

```

```

<div class="divTableRow">
    <div class="divTableCell">
        <span class="glyphicon glyphicon-comment" style="font-size: 20px;">
            <span class="simple-text"><b>Descrição:</b>
                </span>
            </div>
            <div class="divTableCell">
                <input id="leitura-descricao" type="text" class="linha cadastro-campos">
                    </input>
                </div>
            </div>
        <!--ANO-->
        <div class="divTableRow">
            <div class="divTableCell">
                <span class="glyphicon glyphicon-calendar" style="font-size: 20px;">
                    <span class="simple-text"><b>Ano:</b></span>
                </div>
                <div class="divTableCell">
                    <input id="leitura-ano" type="text" class="linha cadastro-campos">
                        </input>
                    </div>
                </div>
            <!--FENÔMENO-->
            <div class="divTableRow">
                <div class="divTableCell">
                    <span class="glyphicon glyphicon-calendar" style="font-size: 20px;">
                        <span class="simple-text"><b>Fenômeno:</b>
                            </span>
                        </div>
                        <div class="divTableCell">
                            <select id="leitura-fenomeno" name="fenomeno" class="cadastro-campos" style="color: black;">
                                <option value="D">Movimento de massa</option>
                                <option value="I" selected>Inundação</option>
                            </select>
                        </div>
                    <br>
                    <!-- BOTOES -->
                    <div class="divTableRow">
                        <div class="divTableCell">
                            <button type="button" id="btn-salvar" onclick="salvar();">
                                <span class="btn btn-default" style="margin-left: 40px;">
                                    Salvar
                                </span>
                            </button>
                        </div>
                    </div>
                </div>
            </div>
        </div>
    </div>
</div>

```

```

        <span class="glyphicon glyphicon-
ok"></span>
            Editar
            </button>
        </div>

    </div>
    <!-- FIM BOTOES -->
    <!--/div-->
</div>
</div>

    <!--FIM MODELO3D E DETALHES-->
</div>
<!-- CADASTRO -->
<div id="cadastro" class="principais">
    <!-- MODELO 3D-->
    <div class="form-group">
        <input class="form-control tamanho" id="link-
modelo-cadastro"
            placeholder="link do modelo 3D"
            onblur="carregarModelo();"
            type="text"></input>
        </div>
        <div class="glyphicon glyphicon-picture btn-carregar-
modelo" />
    </div>
    <div id="modelo-3d-cadastro" class="linha">
        <span id="img-sem-link" class="glyphicon
glyphicon-picture modelo3d-vazio"></span>
        <iframe style="display: none" id="frame-modelo3d-
cadastro" width="400" height="220"
            src=""
            frameborder="0" allowvr allowfullscreen
            mozallowfullscreen="true"
            webkitallowfullscreen="true" onmousewheel="">
        </iframe>
    </div>
    <div class="line"></div>
    <!-- CAMPOS DO CADASTRO -->
    <div id="cadastro-campos" class="linha table-row">
        <span class="glyphicon glyphicon-map-marker desc"
style="font-size: 24px;">
            <span class="title-text">Local:</span>
            <input id="novo-latitude" type="text"
placeholder="Latitude" class="linha cadastro-campos-pq"></input>
            <input id="novo-longitude" type="text"
placeholder="Longitude" class="linha cadastro-campos-pq"></input>
        </span>
        <span class="glyphicon glyphicon-th-list desc"
style="font-size: 24px;">
            <span class="title-text">Nome:</span>
            <input id="novo-nome" type="text" class="linha
cadastro-campos"></input>
        </span>
    </div>

```

```

    </div>
    <div class="line"></div>
    <div id="cadastro-campos2" class="linha table-row">
        <div class="divTable">
            <div class="divTableBody">
                <!--TITULO-->
                <div class="divTableRow">
                    <div class="divTableCell">
                        <span class="glyphicon glyphicon-align-left desc" style="font-size: 20px;">
                            <span class="simple-text"><b>Título:</b>
                                </span>
                        </span>
                    </div>
                    <div class="divTableCell">
                        <input id="novo-titulo" type="text" class="linha cadastro-campos">
                            </input>
                    </div>
                </div>
                <!-- DESRICAO-->
                <div class="divTableRow">
                    <div class="divTableCell">
                        <span class="glyphicon glyphicon-comment desc" style="font-size: 20px;">
                            <span class="simple-text"><b>Descrição:</b>
                                </span>
                        </span>
                    </div>
                    <div class="divTableCell">
                        <input id="novo-descricao" type="text" class="linha cadastro-campos">
                            </input>
                    </div>
                </div>
                <!--ANO-->
                <div class="divTableRow">
                    <div class="divTableCell">
                        <span class="glyphicon glyphicon-calendar desc" style="font-size: 20px;">
                            <span class="simple-text"><b>Ano:</b></span>
                        </span>
                    </div>
                    <div class="divTableCell">
                        <input id="novo-ano" type="text" class="linha cadastro-campos">
                            </input>
                    </div>
                </div>
                <!--FENÔMENO-->
                <div class="divTableRow">
                    <div class="divTableCell">
                        <span class="glyphicon glyphicon-calendar desc" style="font-size: 20px;">

```

```

        <span class="simple-
text"><b>Fenômeno:</b>
            </span>
        </div>
        <div class="divTableCell">
            <select id="novo-fenomeno"
name="fenomeno" class="cadastro-campos" style="color: black;">
                <option value="D">Movimento de
massa</option>
                <option value="I"
selected>Inundação</option>
            </select>
        </div>
        <br>
        <!-- BOTOES -->
        <div class="divTableRow">
            <div class="divTableCell">
                <button type="button" id="btn-salvar"
onclick="salvar2();"
                    class="btn btn-default" style="margin-
left: 40px;">
                    <span class="glyphicon glyphicon-
ok"></span>
                    Salvar
                </button>
            </div>
            <div class="divTableCell">
                <button type="button"
onclick="pesquisar();"
                    class="btn btn-default" style="margin-
left: 40px;">
                    <span class="glyphicon glyphicon-
remove"></span>
                    Cancelar
                </button>
            </div>
            <div id="wait" style="display: none;">
                <i class="fa fa-spinner fa-pulse fa-3x fa-fw
margin-bottom"></i>
                <span class="sr-only">Loading...</span>
            </div>
            <!-- FIM BOTOES -->
            <!--/div-->
        </div>
    </div>
</div>

        <!-- SUCESSO INSERCAO -->
        <div class="modal fade" id="exampleModal" tabindex="-1"
role="dialog" aria-labelledby="exampleModalLabel" aria-
hidden="true">

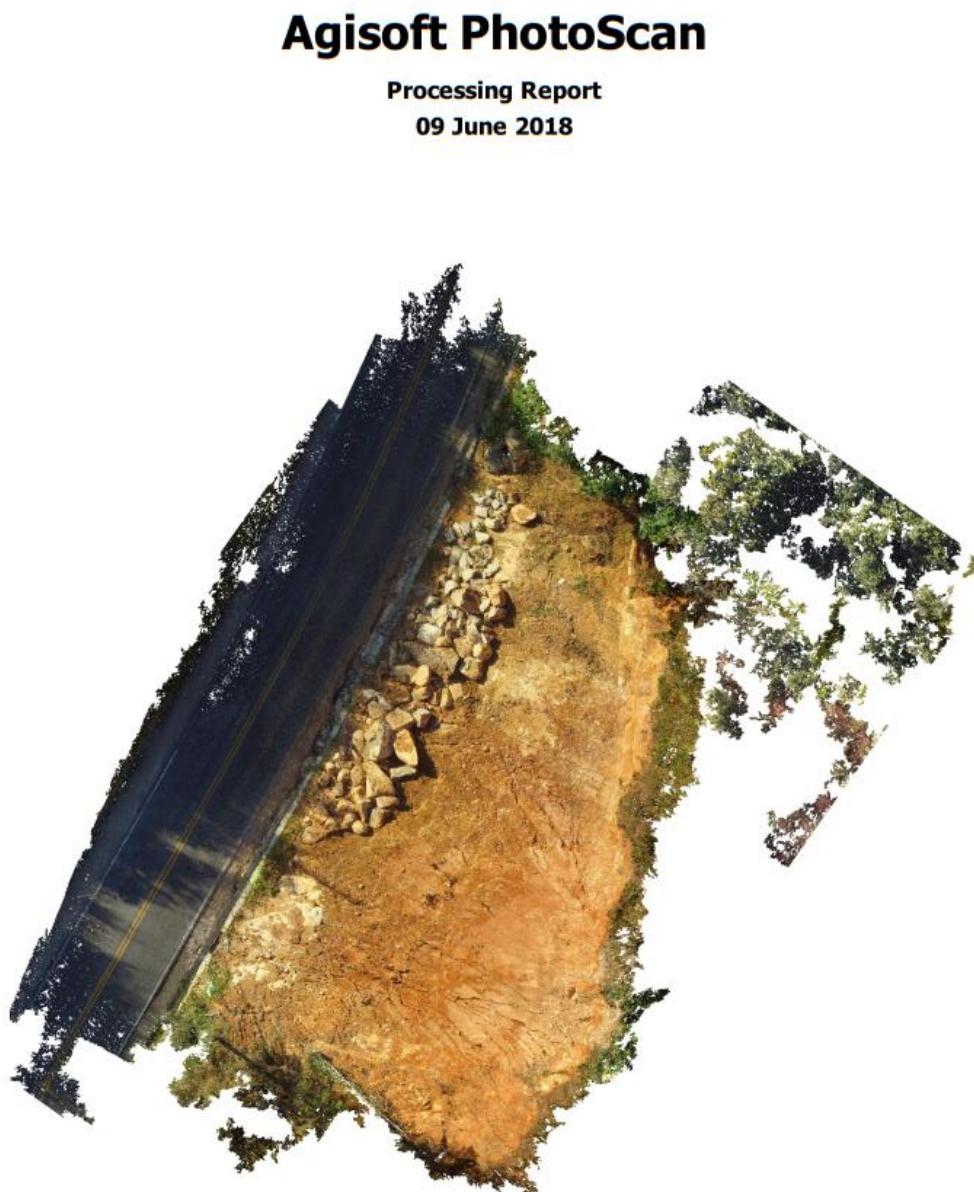
```

```
<div class="modal-dialog" role="document">
    <div class="modal-content">
        <div class="modal-body msg-insercao" >
            Registro inserido com sucesso!
        </div>
        <div class="modal-footer">
            <button type="button"
onclick="fecharCadastroEAbrirDetalhes();" class="btn btn-secondary"
data-dismiss="modal">Fechar</button>
        </div>
    </div>
</div>

<!-- scripts pros pins do mapa -->
<script type="text/javascript" src="scripts-mapa.js"></script>
<!-- scripts de controle -->
<script type="text/javascript" src="scripts-
index.js"></script>
<script>
    function carregarModelo() {
        link_modelo = jQuery('#link-modelo-cadastro').val();
        console.log('carregar modelo3d');
        console.log('link: ' + link_modelo);
        jQuery('#frame-modelo3d-cadastro').attr('src', '' +
link_modelo + '');
        jQuery('#frame-modelo3d-cadastro').show();
        jQuery('#img-sem-link').hide();
        //alert('lala');
    }
</script>
</body>
</html>
```

8 ANEXOS

8.1 ANEXO 1 – EXEMPLO DE RELATÓRIO GERADO NO PHOTOSCAN



Survey Data

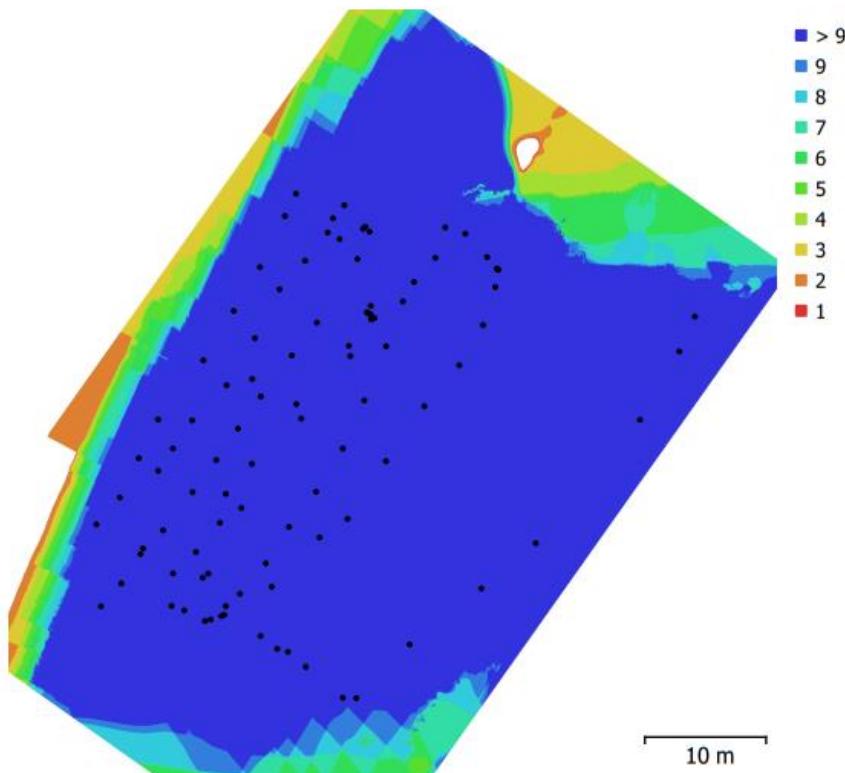


Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	99	Camera stations:	99
Flying altitude:	20.6 m	Tie points:	74,522
Ground resolution:	6.26 mm/pix	Projections:	318,063
Coverage area:	2.48e+03 m ²	Reprojection error:	1.61 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC300C (3.61mm)	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 µm	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration

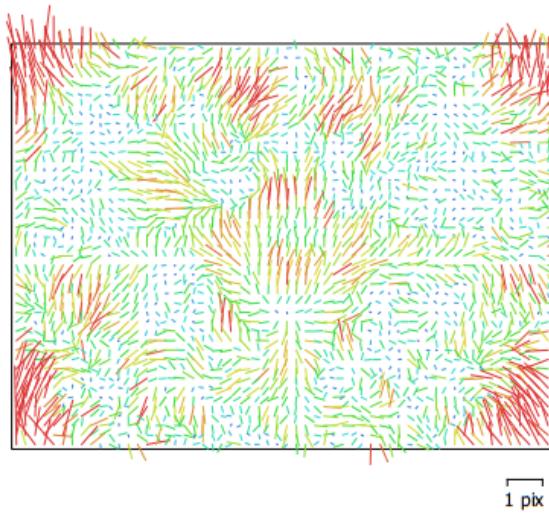


Fig. 2. Image residuals for FC300C (3.61mm).

FC300C (3.61mm)

99 images

Type	Resolution	Focal Length	Pixel Size
Frame	4000 x 3000	3.61 mm	1.56 x 1.56 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
B1	107.977									
B2	-8.19996									
F	2692.83	0.24	1.00	-0.23	-0.10	-0.00	0.07	-0.02	-0.13	-0.22
Cx	91.0115	0.34		1.00	-0.09	-0.07	0.08	-0.12	0.96	-0.05
Cy	-6.09216	0.28			1.00	-0.02	-0.01	-0.00	-0.08	0.92
K1	-0.00233985	0.00011				1.00	-0.95	0.89	-0.06	-0.04
K2	-0.00718822	0.00033					1.00	-0.98	0.07	-0.00
K3	0.0178989	0.00029						1.00	-0.11	-0.02
P1	0.00292384	3.1e-05							1.00	-0.06
P2	-0.0017722	2.3e-05								1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

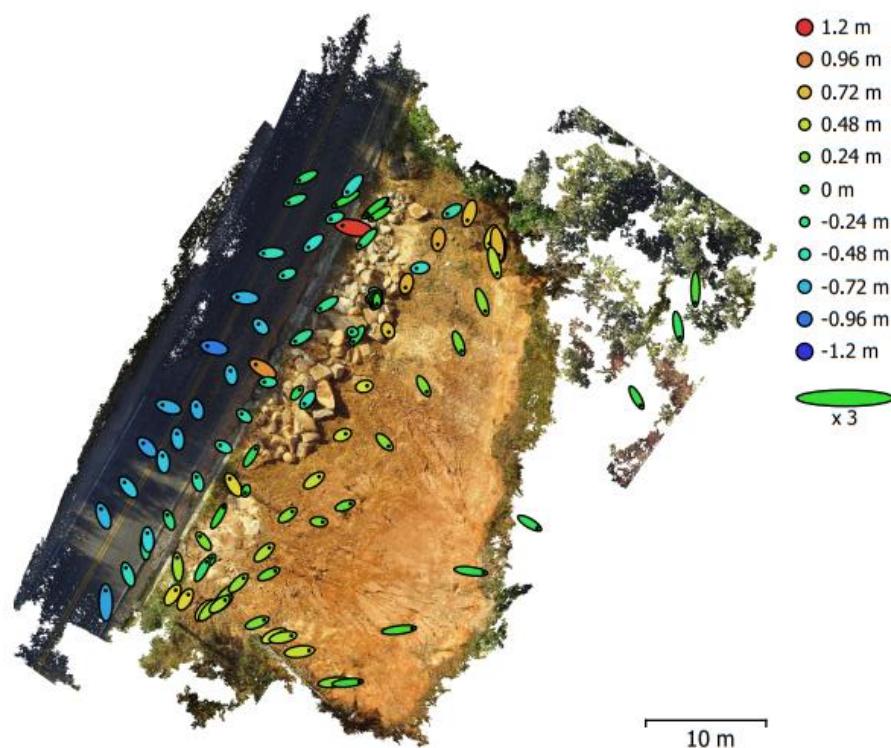


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
28.54	28.7843	47.5243	40.5347	62.4629

Table 3. Average camera location error.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

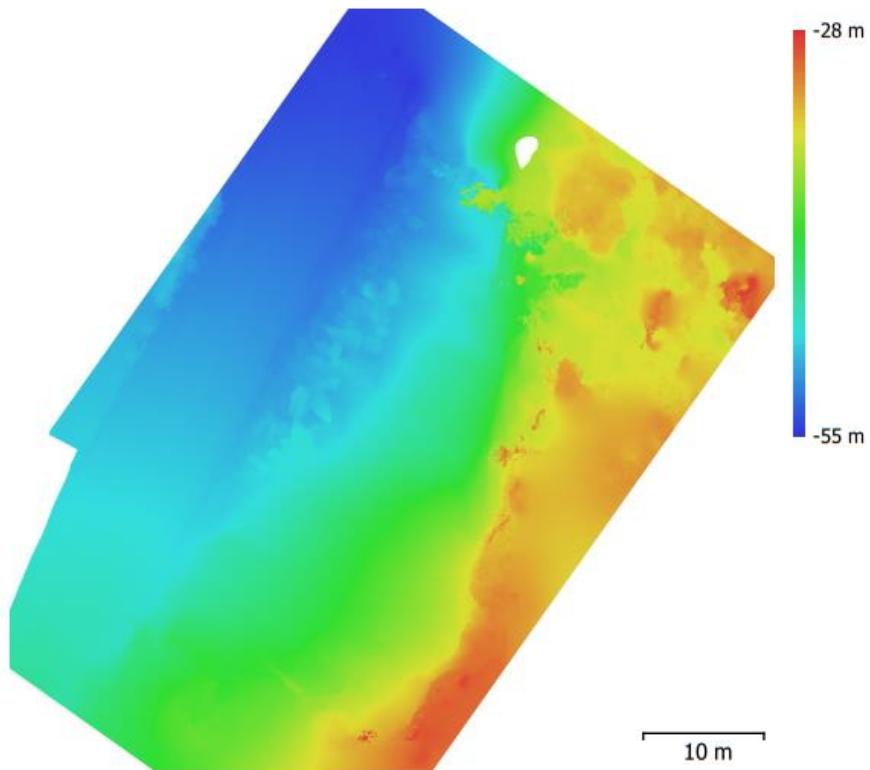


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 6.26 mm/pix
Point density: 255 points/cm²

Processing Parameters

General	
Cameras	99
Aligned cameras	99
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll
Point Cloud	
Points	74,522 of 87,453
RMS reprojection error	0.355725 (1.60531 pix)
Max reprojection error	1.33271 (54.1855 pix)
Mean key point size	4.48492 pix
Point colors	3 bands, uint8
Key points	No
Average tie point multiplicity	4.63233
Alignment parameters	
Accuracy	High
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Adaptive camera model fitting	Yes
Matching time	9 minutes 35 seconds
Alignment time	1 minutes 13 seconds
Optimization parameters	
Parameters	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Adaptive camera model fitting	No
Optimization time	1 seconds
Dense Point Cloud	
Points	80,015,123
Point colors	3 bands, uint8
Reconstruction parameters	
Quality	Ultra High
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	6 hours 13 minutes
Dense cloud generation time	6 hours 50 minutes
DEM	
Size	11,423 x 12,272
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Reconstruction parameters	
Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	1 minutes 5 seconds
Software	
Version	1.4.2 build 6205
Platform	Windows 64

8.2 ANEXO 2 – LAUDO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO / DEFESA CIVIL SC



Laudo Geológico-Geotécnico

RUA ANTÔNIO A. CORRÊA - MORRO DO BABY - BABY - BIGUAÇU/SC

Laudo Geológico-Geotécnico

ELABORAÇÃO:	DATA:
Ged. Humberto Alves da Silva Eng. Agrô e Geog.* Lais de Oliveira Bambardino	09/07/2018

JULHO / 2018

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO

1.	INTRODUÇÃO.....	4
2.	OBJETIVOS.....	5
3.	LOCALIZAÇÃO	6
4.	REGISTRO FOTOGRÁFICO.....	7
5.	PLANILHA DE INSPEÇÃO.....	10
6.	REGIME PLUVIOMÉTRICO E RISCOS DE DESLIZAMENTOS	13
7.	ÍNDICES DE PROBABILIDADE DE ESCORREGAMENTO E CRITÉRIOS PLUVIOMÉTRICOS.....	15
8.	NÍVEL DE SEGURANÇA DESEJADO CONTRA PERDAS DE VIDAS, DANOS MATERIAIS E AMBIENTAIS.....	16
9.	CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES.....	17
10.	MAPA DE SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E CURVAS DE NÍVEL DA ÁREA DE RISCO.....	18

Este documento foi desenvolvido pela Defesa Civil de Santa Catarina, a partir de inspeções em talude sediando risco geológico-geotécnico, em casas localizadas na Rua Antônio A. Corrêa, no bairro Jardim Janaina, no município de Biguaçu/SC. Foi realizada visita técnica no dia 23/05/2018 pela equipe técnica da Diretoria de Reabilitação e Reconstrução, Coordenador Regional da Defesa Civil da Grande Florianópolis e Coordenador Municipal de Defesa Civil de Biguaçu.

A área inspecionada já foi alvo de eventos desastrosos de deslizamento e enxurrada, no qual atingiu moradias. Atualmente existem 04 (quatro) casas interditadas devido aos eventos anteriores, no qual atingiram as moradias, causando danos e prejuízos. Apesar das casas já interditadas e/ou removidas, há outras na mesma situação de risco mas em atividades normais de uso. Atenta-se também para aquelas em construção e/ou em reformas de ampliação, sugerindo a expansão urbana desordenada com risco alto de deslizamento e enxurradas, sem no entanto, estarem devidamente preparadas para lidar com tais situações.

Na visão observou-se a presença de rede de drenagem superficial, com escada hidráulica para direcionar as águas pluviais que escalam do talude. Além disso, o arranjo é novo e foi feita uma camada de concreto superficial, para evitar a transposição de material da base em eventos chuvosos e dessa forma não afetar o deslocamento e acesso às moradias situadas mais à montante.

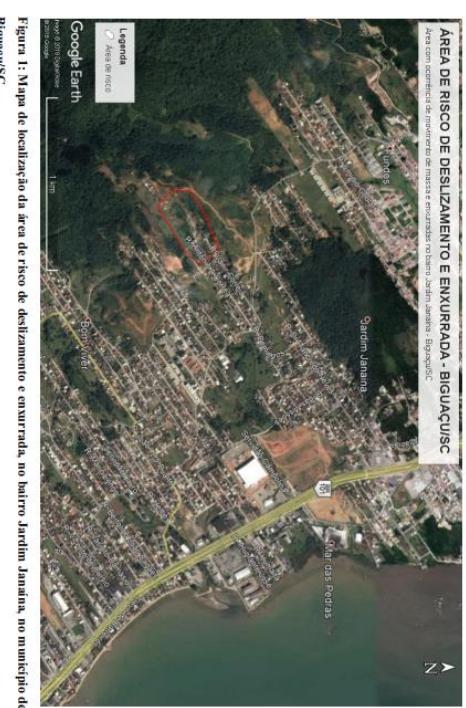
As casas estão situadas na base de um talude de corte verticalizado e com alto risco de deslizamento, em uma porção geomorfológica de anfiteatro. Foi observado a presença de vegetação de médio e grande porte na crista do talude, que podem interferir de forma negativa com o aumento de peso do talude e no efeito alavancas, que podem desencadear novos processos erosivos e de deslizamentos. Além disso, observou-se a presença de espécies vegetais nos terrenos inspecionados, como a bananeira, indicativa de local úmido.

Estas forças erosivas aliadas com as águas servidas de forma irregular, podem comprometer a estrutura do talude e vir a provocar novos eventos danosos. Talude este com antecedentes de processos erosivos e deslizamentos de solo, em geral com baixo Fator de Segurança conforme variáveis e parâmetros analisados em norma ABNT - NBR 11.682/1991 - Estabilidade de Taludes.

A área de influência direta do risco é caracterizada por uma geologia composta de granitos e ortognaisse. São rochas ígneas e metamórficas, respectivamente, e solo derivados destes litotipos com baixa coesão, relevo composto por morros de média a alta declividade, interceptado por linhas de drenagem permanentes e temporárias encaixadas no terreno natural e composta por talude com solos suscetíveis a processos geodinâmicos.

O município tem precipitação média anual superior a 1.600 mm com concentração maior de chuvas entre setembro a março, fator este potencializador de deslizamentos, enxurradas e processos erosivos.

3. LOCALIZAÇÃO



2. OBJETIVOS

- Analisar os processos geodinâmicos atuantes no talude de corte, na rua Antônio A. Corrêa no município de Biguaçu/SC, que já apresentaram instabilidades, vindo a ocorrer deslizamentos em solo e enxurradas, e que possuem alta probabilidade de evolução e agravamento de deslizamentos e processos erosivos, com risco de produzir danos à infraestrutura local e perdas humanas;
- Verificar o nível de perigo e risco que as áreas oferecem ao seu entorno;
- Recomendar intervenções para mitigação e/ou eliminação do risco geológico-geotécnico seja por medidas estruturais e/ou não estruturais, com emissão de laudo geológico-geotécnico para auxiliar os órgãos competentes em tomadas de decisões para obras de prevenção, visando preservar vidas, eliminar danos econômicos e socioambientais.

4. REGISTRO FOTOGRÁFICO



SEDEMA CIVIL
MUNICIPAL

Foto 1.3: Observar a proximidade das moradias com os respectivos taludes de corte, que estão em solo exposto e não possuem nenhuma medida estrutural contra deslizamentos.

SEDEMA CIVIL
MUNICIPAL

5. PLANILHA DE INSPEÇÃO

Adaptado da Norma ABNT NBR 11082/1991 - Escalabilidade de Taludes

DATA DA VISITAS: 23/05/2018

1. LOCALIZAÇÃO: Rua Antônio A. Cores (continuação)

Bairro Jardim Jamara Biguaçu/SC

2. COORDENADAS GEOF: Comunara nas fases

3. COORDENADAS GEO: Comunara nas fases

4. TIPO DA SITUAÇÃO: Projeto

Estudo / Projeto

5.1. Tipos de vegetação / densidade:

<input checked="" type="checkbox"/>	Árvores	<input checked="" type="checkbox"/>	Araúaria	<input type="checkbox"/>	Ara
<input type="checkbox"/>	Gramíneas	<input type="checkbox"/>	Rasteira	<input type="checkbox"/>	Média
<input type="checkbox"/>	Arv. alta estufada	<input type="checkbox"/>	Baua	<input type="checkbox"/>	Espessa
<input type="checkbox"/>	Árvore	<input type="checkbox"/>	Nenhuma		

5.2. Tipos de vegetação / configurações:

<input checked="" type="checkbox"/>	Salpicada	<input checked="" type="checkbox"/>	Escarpado	<input type="checkbox"/>	Cárceas
<input type="checkbox"/>	Indiferente	<input type="checkbox"/>	Monocultivo	<input type="checkbox"/>	Conexão
<input type="checkbox"/>	Oscilante	<input type="checkbox"/>	Ondulado	<input type="checkbox"/>	Relevo
<input type="checkbox"/>	Danificada	<input type="checkbox"/>	Silvado		

5.3. Densidade / configurações:

Natural

Constância

Inexistente

Possibilidade de Movimento

Estudo / Projeto

5.4. Relígio / perfil da encosta:

<input checked="" type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	Publica
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	Privaada

5.5. Altura / Extensão:

Altura (m):	40,00	Taludes nas margens
Extensão (m):	20,00	
Largura (m):	80,00	Taludes nas margens

5.6. Tensões nas margens:

45-60

6.1. Condições de Susc:

<input checked="" type="checkbox"/>	Seco	<input type="checkbox"/>	Com trincas
<input type="checkbox"/>	Úmido	<input type="checkbox"/>	Alto
<input type="checkbox"/>	Saturado	<input type="checkbox"/>	Solo residual
<input type="checkbox"/>	Artisanismo	<input type="checkbox"/>	Solo sedimentar

6.2. Geometria:

Altura (m):	40,00	Taludes nas margens
Extensão (m):	20,00	

6.3. Obra de contenção existente:

<input checked="" type="checkbox"/>	Não	<input type="checkbox"/>	Prática
<input type="checkbox"/>	Sim	<input type="checkbox"/>	

6.4. Condições de Susc:

<input checked="" type="checkbox"/>	Com surpresa	<input type="checkbox"/>	Com trincas
<input type="checkbox"/>	Tubulação rompida	<input type="checkbox"/>	Alto
<input type="checkbox"/>	Artisanismo	<input type="checkbox"/>	Solo residual
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Solo sedimentar

6.5. Natureza do material:

<input checked="" type="checkbox"/>	Rocha	<input type="checkbox"/>	Calcareo
<input type="checkbox"/>	Solo	<input type="checkbox"/>	Coluvio
<input type="checkbox"/>	Sem trincas	<input type="checkbox"/>	Encrustado
<input type="checkbox"/>	Sem bolas	<input type="checkbox"/>	Aludado

7.1. Movimento Ocorrido:

<input checked="" type="checkbox"/>	Deslizamento	<input type="checkbox"/>	Deslizamento
<input type="checkbox"/>	Vazante nas laterais	<input type="checkbox"/>	Vazante nas laterais
<input type="checkbox"/>	Obstrução de vias	<input type="checkbox"/>	Obstrução de vias
<input type="checkbox"/>	Danos a bens particulares	<input type="checkbox"/>	Danos a bens particulares
<input type="checkbox"/>	Danos a bens públicos	<input type="checkbox"/>	Danos a bens públicos
<input type="checkbox"/>	Riscos para serviços	<input type="checkbox"/>	Riscos para serviços
<input type="checkbox"/>	Sem consequências	<input type="checkbox"/>	Sem consequências

7.2. Possibilidades de movimento:

<input checked="" type="checkbox"/>	Grau de Risco	<input type="checkbox"/>	Grau de Risco
<input type="checkbox"/>	Médio	<input type="checkbox"/>	Médio
<input type="checkbox"/>	Alto	<input type="checkbox"/>	Alto

7.3. Características da situação - Fatores de susc:

<input checked="" type="checkbox"/>	Características	<input type="checkbox"/>	Características
<input type="checkbox"/>	Enrugada	<input type="checkbox"/>	Enrugada
<input type="checkbox"/>	Rotacional	<input type="checkbox"/>	Rotacional
<input type="checkbox"/>	Planar	<input type="checkbox"/>	Planar
<input type="checkbox"/>	Geofísica	<input type="checkbox"/>	Geofísica
<input type="checkbox"/>	Geotécnica	<input type="checkbox"/>	Geotécnica
<input type="checkbox"/>	Geodinâmica	<input type="checkbox"/>	Geodinâmica
<input type="checkbox"/>	Geomorfologia	<input type="checkbox"/>	Geomorfologia
<input type="checkbox"/>	Geofísica	<input type="checkbox"/>	Geofísica
<input type="checkbox"/>	Geotécnica	<input type="checkbox"/>	Geotécnica
<input type="checkbox"/>	Geodinâmica	<input type="checkbox"/>	Geodinâmica

7.4. Superfície de deslizamento:

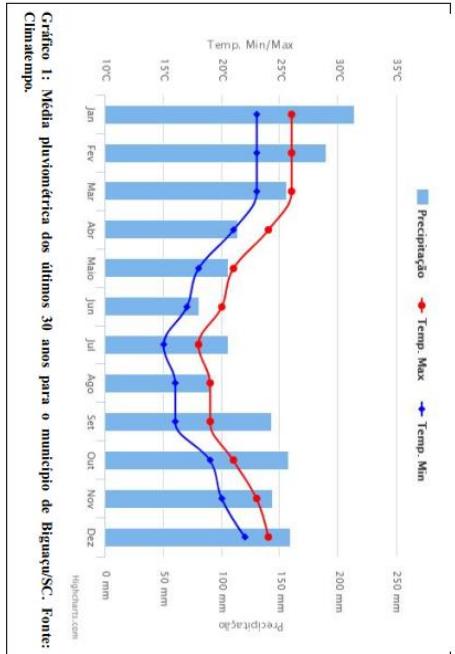
<input checked="" type="checkbox"/>	solo - solo	<input type="checkbox"/>	vivas
<input type="checkbox"/>	solo - rocha	<input type="checkbox"/>	< 10
<input type="checkbox"/>	rocha - rocha	<input type="checkbox"/>	entre 10 e 30
<input type="checkbox"/>	rocha - escava	<input type="checkbox"/>	> 30

8. CAUSAS E AGRAVANTES DA INSTABILIDADE
<input type="checkbox"/> deslocalização por engajamento <input type="checkbox"/> concentração de água de chuva nos laudos <input type="checkbox"/> deficiência sistemática de drenagem interna <input type="checkbox"/> desestabilização por desagregação superficial <input type="checkbox"/> inclinação / declividade acentuada <input type="checkbox"/> larançamento de águas servidas no solo <input type="checkbox"/> concentração de bueirinhas nas cristas <input type="checkbox"/> degradação das estruturas das cristas <input type="checkbox"/> sistema / cárabea próximo à crista
9. EVIDENCIAS DE MOVIMENTAÇÃO
<input type="checkbox"/> trincas morada <input type="checkbox"/> inclinações de andares / portas / muros <input type="checkbox"/> degauss de abalamento / trincas em laude
<input type="checkbox"/> sativação de hincantes do solo <input type="checkbox"/> descalcamento do laude por erosão <input type="checkbox"/> deformação do corpo de dia <input type="checkbox"/> pregar madeira de fundação <input type="checkbox"/> compactação da argilada <input type="checkbox"/> chuvas intensas <input type="checkbox"/> vazamento de tubulações de água de captação <input type="checkbox"/> aninhos de rãs próximos à crista <input type="checkbox"/> fendas e rachaduras na crista do laude <input type="checkbox"/> aninhos de gande pote na crista do laude <input type="checkbox"/> próximidade da crista à borda do laude... 2,00... m <input type="checkbox"/> faltam informações necessárias investigar
<input type="checkbox"/> cicatrizes de escorregamentos <input type="checkbox"/> fendas e erosões <input type="checkbox"/> muros / paredes "embargados"
10. FATORES DE VULNERABILIDADE
<input type="checkbox"/> Remoção das Famílias <input type="checkbox"/> Restabelecimento das Famílias <input type="checkbox"/> Reconfiguração e selamento de trincas <input type="checkbox"/> Reservar artigos do nubo <input type="checkbox"/> Corte de Árvores na Crista do Laude <input type="checkbox"/> Leis de Proteção da Costa <input type="checkbox"/> Escavação Hidráulica no Tareque <input type="checkbox"/> Canalização do cunhalado de base do talude <input type="checkbox"/> Recuperação do cunhalado do talude <input type="checkbox"/> Construção de barragem na crista do laude <input type="checkbox"/> Construção de muralha na crista do laude <input type="checkbox"/> Tela metálica para a segurança <input type="checkbox"/> Desassoreamento do Talaude <input type="checkbox"/> Muro de Concreto Armado <input type="checkbox"/> Muro de Concreto Cúpula <input type="checkbox"/> Muro com Materna de cunhalado - Cob Wall <input type="checkbox"/> Construção do bloco com muro de concreto <input type="checkbox"/> Construa Aparafusada
11. RECOMENDAÇÕES PARA REDUÇÃO DO RISCO
<input type="checkbox"/> Isolamento da Área em Caso de Chuvas Intensas <input type="checkbox"/> Infra-estrutura / Eruv públicos ameaçados <input type="checkbox"/> Manas de Controle de Erosão <input type="checkbox"/> Revestimento com Gramináceas e Perymossas <input type="checkbox"/> Muros Sub-horizontais Profundos <input type="checkbox"/> Muros Profundos na base do laude <input type="checkbox"/> Drenos Sub-horizontais Profundos <input type="checkbox"/> Revestimento de Bueiros <input type="checkbox"/> Prolongamento de Bueiros <input type="checkbox"/> Monitoramento topográfico <input type="checkbox"/> Concreto Projeteiro <input type="checkbox"/> Solo Grampeado <input type="checkbox"/> Muro com Materna de Encalço... - Palhasadas <input type="checkbox"/> Muro de Gabion <input type="checkbox"/> Muro de Concreto Ensaio - Rip Rap <input type="checkbox"/> Muro de Bloco de Concreto Autoclavado <input type="checkbox"/> Barragem de Fluxo de Tela Metálica de Alta Resistência <input type="checkbox"/> Muro de Ferro Argamassada / Barreiras <input type="checkbox"/> Encostamento com Pedra Detonada
12. RECOMENDAÇÕES: <p>Recomenda-se o monitoramento visual da área durante e após o período chuvoso, isolamento da área de risco em caso de persistência de elevadas intempéries acumuladas no período de 24h, 36h e 48h. Com a evolução do risco de deslizamento é necessário combinar a retirada de árvores que a árvore oferece aos moradores adiar cessar o período chuvoso, dando ao município implementar estratégias para a remoção das famílias situadas nessa área de risco. Caso não seja esta opção implementada pelo município, que o mesmo execute medidas estruturais para sua contenção de tal forma que as habitações neste setor, sendo estas construídas tanto situadas no laude de corte, afasta da moradia como no talude de aterro, a frente das moradias, pois as moradias em questão fazem parte da mesma encosta.</p>
13. Responsável pela visita: NOME: Geólogo Humberto Alves da Silveira CREAS: 76.819.9 INSTITUIÇÃO: Defesa Civil de Santa Catarina Florianópolis, 28 de junho de 2018
14. Local e data deste relatório: <input type="checkbox"/> Relatório preliminar <input type="checkbox"/> Mapas de delimitação, curvas de nível e situação <input type="checkbox"/> Outros
15. ANEXOS

GRAU DE PROBABILIDADE	DESCRICAÇÃO
R1 - Baixo	<p>1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declinidade tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de baixa e nenhuma potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.</p> <p>2. Não se observa (m) sinal/feição/evidênci(a)s de instabilidade. Não há indícios de desenvolvimento de processos de instabilização de encostas e de margens de drenagens.</p> <p>3. Mantidas as condições existentes, não se espera a ocorrência de eventos destrutivos, no período compreendido por uma estação chuvosa normal.</p>
R2 - Médio	<p>1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declinidade tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de média potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.</p> <p>2. Observa-se a presença de algum(s) sinal/feição/evidênci(a)s de instabilidade (encostas e margens de drenagens), porém incipientes(s).</p> <p>Processo de instabilização em estágio inicial de desenvolvimento.</p> <p>3. Mantidas as condições existentes, é reduzida a possibilidade de ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>
R3 - Alto	<p>1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declinidade tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.</p> <p>2. Observa-se a presença de significativo(s) sinal/feição/ evidênci(a)s de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, etc.).</p> <p>Processo de instabilização em pleno desenvolvimento, ainda sendo possível monitorar a evolução do processo.</p> <p>3. Mantidas as condições existentes, é perfeitamente possível a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>
R4 - Muito Alto	<p>1. Os condicionantes geológico-geotécnicos predisponentes (declinidade tipo de terreno, etc.) e o nível de intervenção no setor são de muito alta potencialidade para o desenvolvimento de processos de escorregamentos e solapamentos.</p> <p>2. Os sinais/feições/evidências de instabilidade (trincas no solo, degraus de abatimento em taludes, trincas em mordidas ou em muros de contenção, árvores ou postes inclinados, etc.) e as características de escorregamento, falésias erosivas, proximidade da mordida em relação à margem de correção, etc.) são expressivas e estão presentes em grande número ou magnitude. Processo de instabilização em avançado estágio de desenvolvimento. É a condição mais crítica, sendo impossível monitorar a evolução do processo, dado seu elevado estágio de desenvolvimento.</p> <p>3. Mantidas as condições existentes, é muito provável a ocorrência de eventos destrutivos durante episódios de chuvas intensas e prolongadas, no período compreendido por uma estação chuvosa.</p>

6. REGIME PLUVIOMÉTRICO E RISCOS DE DESLIZAMENTOS

Os índices pluviométricos mostrados abaixo é referente à média mensal dos últimos 30 anos, com destaque para os meses de setembro a março, corrobora com o evento ocorrido em fevereiro de 2016, visto que é um mês com altas taxas pluviométricas, o que pode ter desencadeado ou agravado o deslizamento que acabou com fatalidade.



Mês	Mínima (°C)	Máxima (°C)	Precipitação (mm)
Janeiro	23°	26°	214
Fevereiro	23°	26°	190
Março	23°	26°	156
Abril	21°	24°	114
Maio	18°	21°	106
Junho	17°	20°	81
Julho	15°	18°	106
Agosto	16°	19°	91
Setembro	16°	19°	143
Outubro	19°	21°	158
Novembro	20°	23°	144
Dezembro	22°	24°	159

Tabela 1 : Média pluviométrica dos últimos 30 anos para o município de Biguaçu/SC. Fonte: Climatempo.

7. ÍNDICES DE PROBABILIDADE DE ESCORREGAMENTO E CRITÉRIOS PLUVIOMÉTRICOS

Estado	Probabilidade de Escorregamento	
	Descrição	Nível de Segurança
Baixa	Possibilidade de ocorrências de escorregamentos circunstanciais (movimentos de massa não deslizantes diretamente pela ação das chuvas, sendo, como agente de maior importância uma circunstância localizada relacionada a efeitos naturais ou antropônicos, como por exemplo, comportamento de instalações, falhas têrmicas, vibrações, etc.)	Alto
Média	Possibilidade de ocorrências de escorregamentos ocasionais (movimentos de massa deslizantes pelas chuvas, predominantemente em solos artificiais, com pouca areia), com distribuição pouco expressiva.	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praias e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas.
Alta	Ocorrência de escorregamentos esparsos (movimentos de massa deslizantes pelas chuvas em relaves naturais e artificiais, com moderada a grande distribuição).	Ferrovias e rodovias de tráfego intenso.
Muito Alta	Ocorrência de escorregamentos generalizados (movimentos de massa deslizantes pelas chuvas em taludes naturais e artificiais, com distribuição muito grande, especialmente nas vias que contêm os maciços morfohistóricos).	Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas.

Índices Críticos

Círculos pluviométricos para determinação da probabilidade de escorregamentos.			
	Média	Alta	Muito Alta
Acumulado em 1h	10mm a 30mm	30mm a 50mm	> 50mm
Acumulado em 24h	50mm/24h a 100mm/24h	100mm/24h a 150mm/24h	> 150mm/24h
Acumulado em 165h	100mm/165h a 150mm/165h	150mm/165h a 210mm/165h	> 210mm/165h e > 80mm/h

Adaptado de: Pimentel et al. (2005); AlerteBlu (2013)

Figura 1: Probabilidade de escorregamento e índices críticos segundo referência de dados do AlerteBlu - BlumeauuSC.

8. NÍVEL DE SEGURANÇA DESEJADO CONTRA PERDAS DE VIDAS, DANOS MATERIAIS E AMBIENTAIS

Nível de segurança	Critérios
Alto	Áreas com intensa movimentação e permanência de pessoas, como edificações públicas, residenciais ou industriais, estádios, praias e demais locais, urbanos ou não, com possibilidade de elevada concentração de pessoas.
Médio	Ferrovias e rodovias de tráfego intenso. Áreas e edificações com movimentação e permanência restrita de pessoas.
Baixo	Ferrovias e rodovias de tráfego moderado. Áreas e edificações com movimentação e permanência eventual de pessoas. Ferrovias e rodovias de tráfego reduzido.

Adaptado de: Pimentel et al. (2005); AlerteBlu (2013)

Figura 2: Níveis de segurança e critérios segundo a norma ABNT - NBR 11.662/1991 - Estabilidade de Taludes.

Figura 3: Níveis de segurança e critérios segundo a norma ABNT - NBR 11.662/1991 - Estabilidade de Taludes.

9. CONCLUSÕES / RECOMENDAÇÕES

Conforme eventos deflagrados anteriormente, propensão a novos deslizamentos e enxurradas, além da evolução dos processos geodinâmicos é importante evidenciar que o grau de risco é muito alto nesta área. Destaca-se a importância de atender as recomendações de caráter preventivo brevemente para diminuir o risco de perda da infraestrutura local com evolução de chuvas intensas, visto que a média anual precipitada nos últimos 30 anos nesta região é superior a 1.600 mm.

Atenção especial também para a precipitação entre o período de setembro a maio, onde ocorrem as maiores médias pluviométricas, ultrapassando 166 mm e dessa forma, deflagrar a intensificação dos processos geodinâmicos no talude de corte e atero.

Recomenda-se o monitoramento visual da área durante e após o período chuvoso, isolamento da área de risco em caso de persistência de chuvas intensas acumuladas no período de 24h, 36h e 48h. Com a evolução do risco na área atetada, proceder com a retirada das famílias até cessar o período chuvoso. Devido ao alto risco de deslizamento e enxurradas que a área oferece aos moradores, recomenda-se também que a municipalidade implemente estratégias para remoção das famílias situadas nesta área de risco. Caso não seja esta opção pretendida pelo município, que o mesmo execute medidas estruturais para contenção de todas as habitações neste setor, sendo estas contenções tanto situadas no talude de corte, atrás da moradia como no talude de aterro, a frente das moradias, pois as moradias em questão fazem parte da mesma encosta.

O presente laudo é de caráter informativo e, em si, não esgota a análise da área de risco aqui considerada, sendo necessária a revisão constante desta área, que podem ter seu grau de risco modificado a depender das ações tomadas pelo município e as condições meteorológicas adversas.

10. MAPA DE SITUAÇÃO, DECLIVIDADE E CURVAS DE NÍVEL DA ÁREA DE RISCO

Geol. Humberto Alves da Silva CREA: 1404096044-6 (Registro Nacional) CREASC: 76.819-9	Eng° Ag°/Geog° Lair de Oliveira Bernardino CREA: 2517086842 (Registro Nacional) CREASC: 154088-9

