

UTILIZAÇÃO DE AERONAVE REMOTAMENTE TRIPULADA PARA MONITORAMENTO DE ÁREAS MARGINAIS AS RODOVIAS

Use of Remotely Piloted Aircraft for Monitoring Marginal Areas to Roads

Angelo Martins Fraga

Instituto Federal de Santa Catarina - IFSC

Departamento Acadêmico da Construção Civil - Curso Técnico em Agrimensura
Av. Mauro Ramos, 950 – Centro – Florianópolis - SC
angelofraga@ifsc.edu.br

Lucio Mendes

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
CTC/ECV/PPGTG. Bloco C, 2º Andar, Sala 202C. Caixa Postal: 5156 – Florianópolis - SC
lmendhez@hotmail.com

Everton da Silva

Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial
CTC/ECV/PPGTG. Bloco C, 2º Andar, Sala 202C. Caixa Postal: 5156 – Florianópolis – SC
everton.silva@ufsc.br

Resumo:

Se tratará aqui da utilização da tecnologia das Aeronaves Remotamente Tripuladas como instrumento de apoio a gestão e monitoramento das áreas marginais a rodovias, notadamente as faixas de domínio e *non aedificandi*. Em uma área de estudo de caso delimitada na rodovia BR-282, num trecho de três quilômetros entre os municípios de Florianópolis e São José (SC), utilizou-se um RPA para identificar invasões na faixa de domínio e ocupação por edificação da faixa *non aedificandi*. A tecnologia demonstrou-se de grande eficácia para identificar dezenas de invasões na faixa de domínio e centenas de ocupações por edificações na faixa *non aedificandi*. A geração de imagens de maneira rápida, obtendo-se um registro fotogramétrico preciso a um custo relativamente baixo se comparado aos métodos tradicionais de levantamento topográfico, pode aumentar substancialmente os subsídios disponíveis para que os órgãos competentes possam avaliar e gerenciar as faixas marginais as rodovias

Palavras-chave: Rodovias, faixa de domínio, Aeronave Remotamente Tripulada (ARP), sensoriamento remoto, drone.

Abstract

It will be use of technology of the Remotely Piloted Aircraft if an instrument to support management and monitoring from marginal areas to highways, notably domain tracks and *non aedificandi*. In an area of case study bounded on Highway BR-282, in a stretch of three kilometers between the municipalities of Florianópolis and São José (SC), a RPA was used for identify invasions in Domain Range and Occupation by building the track *non aedificandi*. The technology proved to be of great efficacy in identifying Dozens of Invasions In the domain range And Hundreds of occupations by buildings in the track *non aedificandi*. The generation of images quickly, obtaining a precise photogrammetric record at a relatively low cost compared to the traditional topographical survey methods, can substantially increase the available subsidies so that the organs Capable of evaluating and managing the tracks

marginal highways.

Keywords: Highways, domain range, Remotely Piloted Aircraft (RPA), remote sensing, drone.

1. INTRODUÇÃO

O nosso País optou há muitas décadas pelo “Rodoviarismo”, como sendo o seu principal meio de transportes, apesar de existirem outras opções, tanto econômica quanto tecnicamente viáveis. Assim, “Governar é Construir Estradas” (Washington Luís¹), continua sendo o modelo mantido ainda nos dias atuais. O chamado “Progresso sobre Rodas” tem um custo elevado e crescente, a busca de espaços para a melhoria e ampliação da malha rodoviária necessita de grandes investimentos que além de somente resolverem problemas localizados e temporais, perdem a sua quase total eficiência, pela falta de continuidade de gestão pública e política.

Reconhecendo assim, que as rodovias cumprem um papel importante perante a sociedade e se tornam os caminhos principais de pessoas, produtos e serviços. Como cidadãos usuários de rodovias Federais e Estaduais devemos observar, conscientizar e valorizar as faixas de domínios já que estas foram criadas com o intuito de auxiliar no desenvolvimento público.

Se por um lado o Brasil possui uma malha rodoviária extensa, e um órgão para gerenciar, as rodovias, que necessitam de cuidados, aplicações, atualizações, fiscalizações e um gerenciamento, a topografia necessita de outras opções tecnológicas que possam dar suporte e garantir as áreas lindeiras as suas feições geométricas e seus limites legais de forma segura e correta.

A tecnologia das Aeronaves Remotamente Tripuladas (em inglês *Remotely Piloted Aircraft* – RPA, terminologia adotada neste artigo) oferece com precisão, execução e custo operacional mais reduzido, produtos de maior qualidade e quantidade de informações geoespaciais confiáveis que certamente permitirão uma melhor gestão e monitoramento das áreas marginais das rodovias.

Assim, objetivou-se investigar o potencial da tecnologia das RPA’s como instrumento de coleta de dados geoespaciais para monitoramento das áreas marginais à rodovia BR-282, entre os km’s 3 e 6, definida como área para o estudo de caso. Também, buscou-se avaliar o potencial dos produtos de aerofotogrametria por RPA’s para detectar, qualificar e quantificar invasões da faixa de domínio e *Non Aedificandi* de rodovias.

O ponto central deste trabalho e sua relevância para o meio acadêmico estão no desenvolvimento de metodologia de coleta, sistematização e manutenção de dados sociais e espaciais, baseado em tecnologia de sensoriamento remoto, mapeamento e sistemas de informações geográficas, os quais referendam instrumentos eficazes de monitoramento para o diagnóstico da faixa de domínio e *non aedificandi* das rodovias brasileiras.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Bens públicos podem ser definidos como aqueles que pertencem à União, aos Estados, ao Distrito Federal, aos Municípios e às respectivas autarquias, lembrando que, mesmo quando não pertencerem, de fato, às pessoas jurídicas de direito público, é considerado como tal se afetados

¹ Presidente do Brasil entre 1926 – 1930.

por elas para prestação de um determinado serviço público (GASPARINI, 2008).

A consideração acerca dos bens públicos, como disposto por Rambo (2000) é dada como sendo os bens móveis ou imóveis que pertencem tanto à União, como aos Estados, Distritos e Municípios, além das autarquias e associações de força pública.

Mendonça (1998) considera o bem público como sendo um exemplo externo positivo, pois podem ser usados por qualquer cidadão, como bibliotecas, praças e, no caso do estudo em questão, das rodovias, pois a sua construção e manutenção se dão por meio de impostos, ao passo que todas as pessoas possam utiliza-las, ainda que haja intervenção de empresas particulares (denominadas concessionárias) que realizam a parte de condicionamento de determinadas rodovias e trechos de rodovias.

Ao passo que há o fornecimento de bens públicos de forma privada, é obrigação de o governo intervir para que haja estímulo da produção, pois através dos impostos, o Governo encontra receita para a quitação e manutenção desses bens, mesmo os que demandem mais ou menos recursos para manutenção (MENDES, 2017).

Faixa de Domínio: Define-se como “Faixa de Domínio” a base física sobre a qual assenta uma rodovia, constituída pelas pistas de rolamento, canteiros, obras de arte, acostamentos, sinalização e faixa lateral de segurança, até o alinhamento das cercas que separam a estrada dos imóveis marginais ou da faixa do recuo (DNER, 1997).

Conforme o Art. 50 do Código de Trânsito Brasileiro, o uso de faixas laterais de domínio e das áreas adjacentes às estradas e rodovias obedecerá às condições de segurança do trânsito estabelecidas pelo órgão ou entidade com circunscrição sobre a via.

Faixa *Non Aedificandi*: As áreas *non aedificandi*, diferentemente das Faixas de Domínio, são as faixas de terra com largura de 15 (quinze) metros, contados a partir da linha que define a faixa de domínio da rodovia (DEINFRA/SC, 2008). Pode-se verificar a situação ilustrada na figura 1.

Segundo o DEINFRA/SC as Faixas de Domínio são consideradas as áreas de terras determinadas legalmente por decreto de Utilidade Pública para uso rodoviário sendo ou não desapropriadas, cujos limites foram estabelecidos em conformidade com a necessidade prevista no projeto de engenharia rodoviária.



Figura 1: Esquema com a faixa de domínio e *Non Aedificandi*.

Fonte: DAER-RS, 2016.

No que tange às faixas de domínio, as mesmas são consideradas bens públicos quando se tratam de espaços desapropriados, bem como quando apenas limitam administrativamente a propriedade particular.

Essas faixas são consideradas parte integrante das rodovias, portanto, bens de uso comum do povo que, como o próprio nome sugere, têm-se como aqueles em que as condições estão abertas para utilização, ocorrendo à concorrência igualitária e harmoniosa (MEIRELLES, 2007).

Quando o Estado decide abrir determinado espaço para a construção de uma rodovia, o faz mediante a publicação de um Decreto de Utilidade Pública, que declarará aquele trecho como sendo de utilidade pública e no qual estará prevista a largura máxima da faixa de domínio Oliveira (2009) apud Salles, (2006).

O termo VANT é a sigla para Veículo Aéreo Não Tripulado, um sistema de inclui uma aeronave remotamente tripulada, estação de controle, sistemas de decolagem e pouso. Este termo é muito utilizado no Brasil, porém tende a cair em desuso pois a nomenclatura oficial adotada pela ANAC e DECEA é RPA (*Remotely Piloted Aircraft*) em português, Aeronave Remotamente Pilotada (ARP). Muito popular, o termo **Drone** é referenciado a tecnologia de asas rotativas (multirotores), e vem da associação do zunido produzido por zangões, do inglês *Drone*, o rei das abelhas.

Segundo o relatório do DoD (Departamento de Defesa dos EUA), denominado *Unmanned Aerial Vehicle Roadmap 2002-2027*), UAVs são:

Veículos aéreos que não carregam operador humano, utilizam forças aerodinâmicas para se elevar, podem voar autonomamente ou ser pilotados remotamente, podem ser descartáveis ou recuperáveis e podem transportar cargas bélicas ou não bélicas. Excluem-se desta definição, veículos balísticos e semi-balísticos como mísseis de cruzeiro e projéteis (DOD, 2003).

Com um histórico que remonta aos balões (MUNARETO, 2017), atualmente tais veículos embarcam o que é resultado de décadas de desenvolvimento tecnológico, avanço da microinformática e programação de computadores e miniaturização de equipamentos eletrônicos, possuindo diversas finalidades no segmento civil.

Destaca-se como um brinquedo para hobby, utilizado para execução de voo acrobático e aeromodelismo.

Seu uso profissional no meio civil ainda é explorado e expandido, mas já é utilizado nas seguintes atividades: filmagens aéreas, para cinema e emissoras de TV, no marketing em agências de propaganda e produtoras de vídeo. Destaque ainda no agronegócio, na agricultura de precisão (inventário, diagnóstico, planejamento, acompanhamento, aplicação de implementos, controle de pragas). No setor de energia, em: inspeções de geradores eólicos, barragens e usinas; linhas de transmissão, oleodutos e faixas de servidão. Em engenharia civil, para monitoração, inspeção, controle de andamento de obras. Em agrimensura e cartografia, como plataforma para sensores remotos de imageamento RGB, IR e Lidar, em levantamento fotogramétrico, para geração de nuvem de pontos 3D, MDS, MDT e ortofotomosaico.

As principais vantagens do sensoriamento remoto por RPAs, em relação ao aerotransportado por aeronaves tripuladas e ao orbital, podem ser:

a redução dos custos de obtenção de imagens/fotografias; a maior flexibilidade de resolução temporal para aquisição de imagens de alta resolução espacial; possibilidade de execução de missões em condições adversas sem o risco de vida para o piloto e operador da câmara aerofotogramétrica; menor necessidade de gastos de treinamento de pilotos e; a maior facilidade e velocidade de incorporação de novas tecnologias. (LONGHITANO, 2010)

Não há uma forma de classificação padronizada que seja abrangente, única e aceita consensualmente aplicada aos RPA's. Porém, uma classificação aceita no mercado leva em consideração o tipo de plataforma, ou a forma de sustentação da plataforma, podendo ser classificados como de asas rotativas e os de asas fixas.

A utilização da tecnologia das RPA's para obtenção de dados cadastrais, para projetos rodoviários e avaliação de condições de pavimento já está presente em outras pesquisas, com resultados promissores.

Como plataforma para obtenção de dados cadastrais, Pegoraro, (2013) estudando o potencial de um RPA quadricóptero como plataforma na obtenção destes dados, conclui que:

[...] já se podem obter bons resultados na área do cadastro, servindo para atualização de bases cartográficas cadastrais, identificação de construções não declaradas, identificação de novos loteamentos e assentamentos irregulares, descrever a situação fundiária, esquematizar ruas e construções. (PEGORARO, 2013)

Pesquisando as potencialidades e limitações do uso da RPA no monitoramento de faixa de domínio de rodovias federais, Barros et al (2017), após fazer um estudo de caso em 500 metros de uma rodovia pernambucana, ressaltam:

[...] foi possível verificar que existe uma boa relação de custo benefício, sendo possível obter produtos de alta resolução espacial e possivelmente temporal para monitorar as mudanças no uso e ocupação da faixa de domínio. Além disso é possível qualificar e quantificar com precisão, medidas lineares e áreas a partir das ortofotos (BARROS et. al., 2017).

Di Renzo et al (2017) propõe método para monitorar remotamente rodovias através de imagens aéreas adquiridas por RPA, ressaltando que “o monitoramento de rodovias por imagens aéreas pode fornecer informações importantes, proporcionando precisão em reparos a serem efetuados e diminuindo deslocamentos de colaboradores”.

Pesquisando sobre a aplicabilidade de imagens obtidas por VANT's na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por cargas perigosas, Longhitano (2010), conclui que:

“as plataformas VANTs e sensores passíveis de serem transportados por elas são aplicáveis e podem servir adequadamente de tecnologia para sensoriamento remoto, com foco para emprego em avaliação de impactos ambientais por acidentes com transporte de cargas perigosas em rodovias” (LONGHITANO, 2010).

Quanto à utilização de RPA's para a identificação de resíduos da construção civil dispostos em locais inadequados, Parente (2016) ressalta que “A aplicação estudada apresenta viabilidade técnica e viabilidade econômica”, no entanto:

do ponto de vista legal existem restrições para se operar VANTs no espaço aéreo brasileiro não sendo possível afirmar se as entidades interessadas em desenvolver trabalhos obteriam autorização para voos sobre áreas urbanizadas e principalmente se os fins não fossem científicos (PARENTE, 2016).

Avaliando a utilização de RPA na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico, Parente et al (2017) ressaltam que “A metodologia mostra-se, portanto, promissora, por apresentar resultados rápidos, podendo ser utilizada como subsídio para identificação dos defeitos e mensuração dos quantitativos de serviços de recuperação e manutenção do pavimento”.

Pesquisando a utilização de Imagens de Alta Resolução Espacial de RPA's no Planejamento do Uso e Ocupação do Solo, Cândido; Silva; Parinho Filho (2015) destacam a eficiência na operação:

As imagens aéreas de alta resolução espacial possuem potencial para o mapeamento do padrão de uso e ocupação das terras, bem como, no monitoramento da eficácia da recuperação ambiental de áreas degradadas, podendo ser incorporada no roteiro metodológico de planos de recuperação de áreas degradadas (PRAD).

Assim, com estes estudos apontando as vantagens do sensoriamento remoto por RPA para cadastro e avaliação de uso e ocupação do solo, se passou a definir qual seria o melhor método e forma de levantamento dos dados sobre a faixa de domínio da rodovia em estudo.

3. METODOLOGIA

Destacam-se aqui, as etapas metodológicas envolvidas no processo de resolução do problema proposto.

3.1. Delimitação da área de estudo

Com o objetivo de avaliar as potencialidades das RPA's para o levantamento e diagnóstico das faixas de domínio e *Non Aedificandi* de rodovias, se escolheu a BR-282, trecho Rótula de Capoeiras - Interseção com BR-101 (entre os quilômetros 3 e 6 da rodovia), como área de estudo para o levantamento, que pode ser visualizada na figura 2.

Justifica-se a escolha desta área para o estudo pelos seguintes motivos: a) Pela importância estratégica do trecho, que liga a BR-101, uma das principais rodovias do Brasil, à Florianópolis, capital de SC; b) Trata-se da rodovia de maior tráfego em SC; c) Possui uma larga faixa de domínio, de 100 metros na área em estudo; d) Possui histórico de ocupação irregular da sua faixa de domínio; e) Trata-se de região amplamente urbanizada e com grande densidade demográfica; f) Pela disponibilidade do DNIT de dados de levantamento topográfico para comparar os dados; g) Por ser o seguimento de maior número de invasões identificadas no levantamento topográfico; h) Com a incipiente obra de triplicação do trecho, as imagens do levantamento podem servir de subsídio para o DNIT fazer o acompanhamento da obra.

3.2. Caracterização da área de estudo

O trecho desenvolve-se entre os municípios Florianópolis e São José, na microrregião da Grande Florianópolis, estado de Santa Catarina. Florianópolis, capital do Estado, é o segundo mais populoso município de SC, com população estimada em 2017 de 485.838 habitantes e densidade demográfica de 623,68 hab/km². Já São José é o 5º mais populoso município do estado, com população estimada em 2017 de 239.718 habitantes e densidade demográfica de 1.376,78 hab/km² (IBGE, 2017).

O entorno imediato da área em estudo é completamente urbanizado, destacando-se os bairros de Monte Cristo e Capoeiras no município de Florianópolis, e Kobrassol, Barreiros e Campinas no município de São José.

O uso do solo destaca-se como fortemente urbanizado, com a área de entorno totalmente ocupada por área urbana residencial, e principalmente às margens da rodovia, uma ocupação urbana comercial, com destaque para grandes estabelecimentos comerciais como lojas de departamento (Havan), hipermercados (Angeloni, Big, Forte Atacadista), shopping center (Itaguaçu), revendedoras de veículos e lojas de prestação de serviços automotivos.

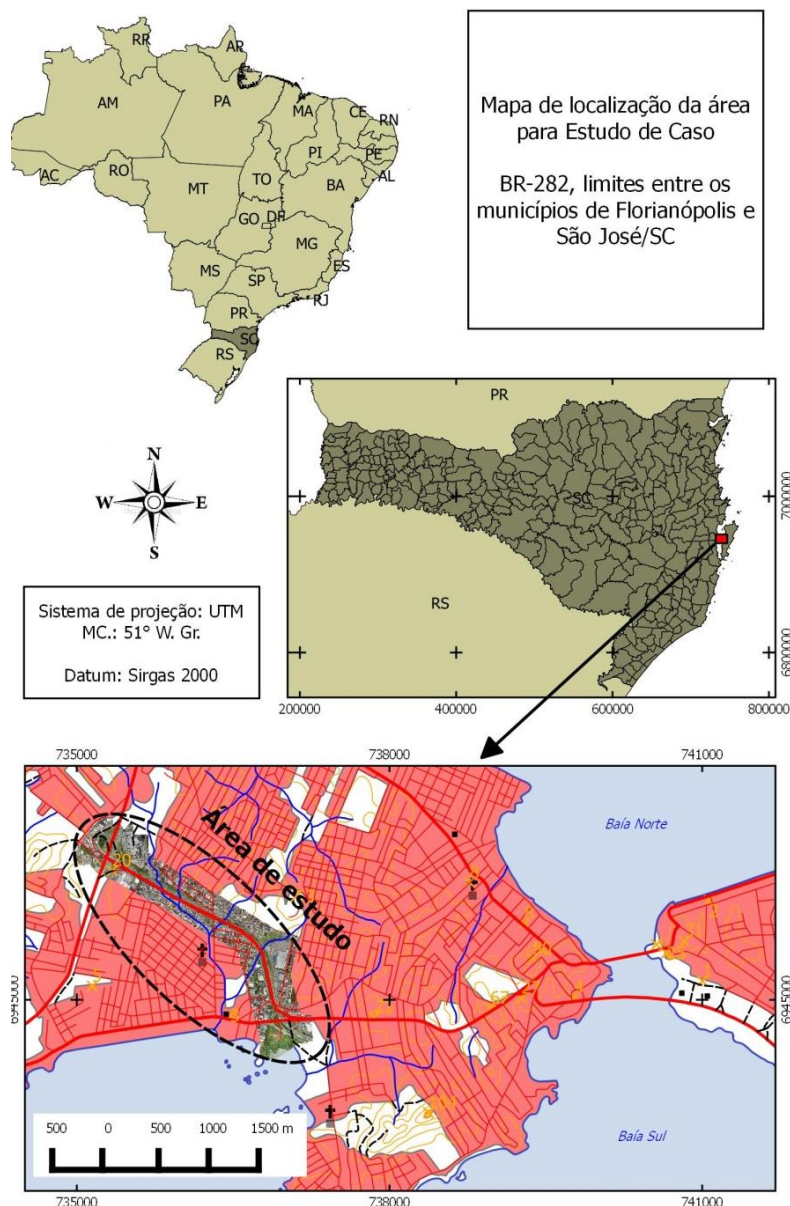


Figura 2: Mapa de localização da área do estudo de caso. BR-282 entre os km 3 e 6, municípios de Florianópolis e São José/SC.

Fonte: Adaptado de IBGE (2016) e EPAGRI/CIRAM (2017).

O clima da região segundo a classificação climática de Köppen é Cfa – clima mesotérmico úmido com chuvas bem distribuídas, verões quentes e invernos brandos. Mas de modo geral, o clima do Estado depende da atuação das massas de ar intertropicais e polares, cuja combinação define o caráter mesotérmico, ou seja, um clima predominantemente subtropical, com temperatura média anual menor que 18°C. (PERON; MAAR; NETTO, 2011).

Originalmente, a região era coberta por Floresta Ombrófila Densa (Mata Atlântica). Porém, com a grande urbanização da área de entorno, não são mais encontrados remanescentes

desta vegetação na área em estudo. Fica no topo morro no bairro de coqueiros, município de Florianópolis o remanescente mais próximo desta vegetação (PMF, 2014), distando 2 km da área em estudo.

Geologicamente, a região abriga rochas do embasamento cristalino, fazendo parte da formação Suíte Intrusiva Pedras Grandes, sendo constituído basicamente por “Granitóides não deformados com domínio sub-alcalinos e per-alcalinos, em geral biotíticos” (AWDZIEJ, PORCHER; SILVA, 1986).

Quanto ao relevo e geomorfologia da área em estudo, Cruz (1998) ressalta que se trata de área de relevo de dissecação mais rebaixada, como também dissecada, mamelonizada² em suas formas e, portanto, “a mais aproveitada para o desenvolvimento de núcleos urbanos” (CRUZ, 1998). As vertentes de recuo do Rio Araújo (que atravessa a área em estudo) levam a formação de “grandes alvéolos e planícies alveolares, com um relevo residual expressivo mamelonado de médias e baixas altitudes” (CRUZ, op. cit).

3.3. Equipamento utilizado para obtenção das fotografias

Para aquisição das imagens para esta pesquisa, foi utilizado o RPA modelo eBee da fabricante Sensefly. Este é um equipamento do tipo asa fixa, com 96 cm de envergadura e peso de 700 gramas. Ele possui estrutura em fibra de carbono, corpo composto de espuma de EPP, além da placa controladora ligada ou sistema inercial, GPS, à bateria de polímero de lítio, ao sensor de imageamento, motores, sensores de velocidade de vento e altímetro, além de link de rádio com o controle de solo. Em condições ideais pode cobrir uma área de 12 km² (com 30 cm GSD) em um único voo com autonomia de 45 minutos e limitação de distância da estação de controle de solo de até 3 quilômetros, em condições ideais para comunicação com link de rádio (SENSEFLY, 2015). Utilizou-se embarcado o sensor de imageamento que registra o espectro do visível, Sony RGB Cybershot, de 16 MP, adaptado para conexão e controle pela placa controladora.

3.4. Planejamento dos vôos

Nesta fase, se identificou o trecho e se delimitou a área a ser levantada, buscando possíveis pontos da decolagem e aterrissagem para o equipamento. Tais locais deveriam ser livres de obstáculos verticais (num raio de aproximadamente 50 metros) e com ampla linha de visada, além de possuir solo regular e estável e preferencialmente em áreas públicas.

O programa utilizado para o planejamento do plano de voo foi o Emotion 2, da Sensefly, em conjunto com o *Google Earth* para verificação de possíveis obstáculos nas rotas do plano voo. Mostraram condições favoráveis na beira mar de São José, uma área com campos de futebol (em frente à Cassol) e também um grande canteiro na intersecção da BR-282 com BR-101 (em frente ao shopping Itaguaçu).

Foram planejados dois voos para o trecho, o primeiro com 7 faixas de voo e um segundo com cinco faixas de voo. Os dias para a execução dos voos deveriam ser preferencialmente de céu limpo, com ventos inferiores a 45 km/h (12 m/s) e no período da manhã devido a melhores

² Um relevo mamelonado, corresponde a áreas “rebaixadas interplanálticas que se desenvolvem níveis sob forma de morros mamelonados” na área em estudo, é caracterizados por áreas caracterizadas pela presença de blocos rochosos arredondados, denominados matacões (CRUZ, 1998).

condições de luminosidade e possivelmente menor cobertura de nuvens.

Como a maior parte dos voos foi feita a menos de 120 metros de altura, não foi necessário à solicitação de voo junto ao DCEA no sistema SARPAS. Possuía-se a autorização formal do DNIT para a pesquisa, como também autorização formal da concessionária para utilização da faixa de domínio da BR-101 como ponto de decolagem da RPA.

Os vôos, segundo a regulamentação da ANAC, foram VLOS possuindo as seguintes características:

Operação em Linha de Visada Visual (*Visual Line of Sight – VLOS operation*) significa a operação em condições meteorológicas visuais (VMC), na qual o piloto, sem o auxílio de observadores de RPA, mantém o contato visual direto (sem auxílio de lentes ou outros equipamentos) com a aeronave remotamente pilotada, de modo a conduzir o voo com as responsabilidades de manter as separações previstas com outras aeronaves, bem como de evitar colisões com aeronaves e obstáculos (ANAC, 2017).

Um importante ponto da regulamentação é a restrição de operação dos RPAS sobre áreas públicas. Estão previstas algumas exceções para a operação de voo por órgãos oficiais de governo, porém, ainda não está claro se órgãos rodoviários se enquadram nessa ressalva.

3.5. Obtenção das fotografias

O primeiro voo foi executado no dia 03/06/2017, às 10 horas. O dia tinha céu nublado. O ponto de decolagem e aterragem escolhido foi a Beira Mar de São José, onde posicionou-se a estação de controle em solo. A estação era composta de notebook conectado com o link de rádio para comunicação e controle do RPA.

A altura média do voo foi 110 metros, sobreposição longitudinal das fotos de 85% e transversal de 75%, e com resolução espacial das fotografias brutas obtidas de 4 cm GSD. Foi obtido um total de 268 fotografias e seus pontos de captura *geotags*³. Deste ponto de decolagem, não foi possível fazer o segundo voo pois o link de rádio era perdido por obstruções na linha de “visada” do equipamento. Assim, teve-se que buscar uma segunda opção de posicionamento da estação base para a execução do segundo voo.

Ele foi executado no dia 14/09/2017, com ponto de decolagem e aterragem num grande canteiro entre a intersecção da BR-101 com a BR-282, em frente ao shopping Itaguaçu. O dia tinha céu nublado. A altura média do voo foi 110 metros, sobreposição longitudinal das fotos de 85% e transversal de 75%, e com resolução espacial das fotografias obtidas de 4 cm. Foram obtidas o total de 262 fotografias e seus *geotags*.

3.6. Processamento dos dados levantados

Após a execução dos voos, as fotografias obtidas e seus *geotags* (com posicionamento GPS autônomo e dados do sistema inercial) foram processados utilizando o software de processamento de imagens Postflight Terra 3D. Entraram no processamento final 530 fotografias.

Como resultado do processamento, foram obtidos o ortofotomosaico, o Modelo Digital de

³ É uma forma de metadados geoespaciais que consistem geralmente em Latitude e Longitude, embora possam incluir também a altitude, direção, dados de sistemas inerciais, distância, nomes de lugares, data, hora, entre outros. São utilizados para adicionar metadados geográficos à identificação de várias mídias, tais como fotografias, vídeo, *sites* e mensagens.

Superfície (MDS) e a nuvem de pontos densificada da área de estudo. Todos eles foram elaborados no sistema de coordenadas planas UTM (MC: 51° W. Gr.), e Datum: SIRGAS 2000.

A resolução espacial do MDS e do ortofotomosaico produzidos é de 4,3 cm/pixel GSD. A precisão posicional absoluta (*Absolute Geolocation Variance*) dos produtos obtidos foi de 0,5416 m em X, 0,6306 m em Y e 0,8459 em Z. A precisão posicional relativa foi de 0.1397 em X, 0.1397 em Y e 0.2144 e Z.

A nuvem de pontos 3D densificada obtida possui 66.713.503 de pontos, com uma densidade média de 36,49 pontos por m³.

3.7. Fotointerpretação

Para a execução da fotointerpretação e levantamento dos quantitativos subsequentes, se utilizou o Sistema de Informação Geográfica (SIG) QGIS 2.2 (NANNI et al, 2013).

Sobre a ortofotocarta produzida, se identificou inicialmente a posição dos postes centrais de iluminação, pois estes marcam, segundo o levantamento topográfico do DNIT, a posição do eixo da rodovia. A partir deste eixo, foi executado um *buffer* de 50 metros de largura marcando os limites da faixa de domínio.

A faixa *Non Aedificandi* foi delimitada a partir do limite da faixa de domínio, com um *buffer* de 15 metros.

Dentro dos limites da faixa de domínio, se procurou identificar através dos padrões fotográficos, todo o tipo de invasão como edificações, áreas cercadas, estacionamentos e depósitos de lixo e/ou entulho. Já na faixa *Non Aedificandi* foram identificadas apenas as edificações que a ocupam, sendo essas categorizadas em “residencial”, “comercial” e “garagem”, como também foi levantado o número de pavimentos.

Nos casos de invasão e ocupação identificados, retornou-se a campo buscando corroborar os dados fotointerpretados, levantar a tipologia das edificações, o número de pavimentos, além de se obter registros fotográficos panorâmicos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

São apresentados aqui os resultados obtidos durante a pesquisa de campo e bibliográfica, além da discussão acerca dos dados adquiridos.

Como resultado do processamento dos dados do RPA, se obteve o ortofotomosaico, com resolução espacial de 4,3cm, sobre o qual se fez fotointerpretação, encontrando diversas áreas de invasão.

O eixo da rodovia levantada possui uma extensão na área de estudo de 3051m, sendo destes, 2689m após o viaduto na interseção com a BR-101, com faixa de domínio de 100m, e 362m na alça de acesso a BR-101, com faixa de domínio de 30m.

A área total do ortofotomosaico produzido é de 130,30 hectares. Destes, a área total do levantamento dentro da faixa de domínio da rodovia é de 29,59 hectares (23% do total). Optou-se em levantar uma área muito maior que a faixa de domínio, para registrar também a faixa *Non Aedificandi* e adjacências, e também por tratar-se de área muito urbanizada.

Foram encontradas 89 situações de invasão da faixa de domínio, desde terrenos cercados ou murados, edificações, parcialmente ou totalmente dentro da faixa, áreas de estacionamento e até mesmo depósitos de lixo ou entulhos.

Se irá apresentar apenas os exemplos mais marcantes de áreas invadidas na faixa de domínio e ocupadas na faixa *non aedificandi* em figuras com detalhes da ortofotocarta.

Na figura 3, pode-se identificar a invasão da faixa de domínio por um conjunto áreas delimitadas, edificações e estacionamento. São 7 áreas aparentemente separadas, totalizando 2.056,0m² dentro da faixa e com frente para a Rua Wilson de Medeiros. Nestas áreas há 14 edificações fotoidentificáveis totalmente inseridas na faixa, totalizando 945,03m² de invasão neste segmento. A distância entre a borda da pista e essas edificações pode ter menos do que 10 metros em alguns pontos.

Ainda, a área identificada como estacionamento possui 699,77m². Em verificação *in loco*, percebe-se que além do estacionamento, áreas cercadas e edificações, também invadem a faixa de domínio grandes placas publicitárias.

No total, foram identificadas 20 áreas cercadas por muros ou cercas invadindo a faixa de domínio parcialmente ou totalmente, com área total de 7.036,49m². Estes terrenos podem ou não conter edificações no seu interior. E nem todas as edificações identificadas invadindo a faixa possuem área cercada (em muitas, os limites são a própria edificação). Da área total destes terrenos, 3.982,18m² estão completamente inseridos na faixa de domínio da rodovia.

Também, foram identificadas 8 áreas de estacionamentos invadindo a faixa de domínio. Eles somam 6.817,72m². Alguns destes estacionamentos são utilizados exclusivamente por particulares, como revendedoras de carros, lojas de piscinas e móveis usados, parte do pátio de estacionamento de loja de departamento e parte de estacionamento de hipermercado.

Os depósitos de lixo e entulhos as margens da rodovia também se mostrou um problema na área em estudo, sendo identificadas 19 áreas com depósitos de lixo totalizando 647,83m².

O número de edificações fotoidentificáveis invadindo parcialmente ou totalmente a faixa de domínio é de 42, sendo 26 residenciais e 16 comerciais. Um quadro resumo com tipologia (comercial ou residencial) e número de edificações invadindo pode ser visualizado no Quadro 1.

Quadro 1: Número de edificações, tipo e porcentagem invadindo a faixa de domínio.

Tipo da edificação	Porcentagem da edificação dentro da faixa de domínio (n)			Total (n)
	até 50%	entre 50% e 99%	100%	
Comercial	5	9	2	16
Residencial	2	7	17	26
TOTAL	7	16	19	42



Figura 3: Mapa com detalhe da ortofotocarta identificando invasões da faixa de domínio e ocupação da faixa *non aedificandi* por áreas cercadas, casas e prédios.

De todas estas edificações 19 delas estão 100% dentro da faixa de domínio, 16 delas possuem entre 50% e 99% de área dentro da faixa, e apenas 7 delas estão menos de 50% dentro da faixa. Essas 42 edificações somam 4.741,88m² de área construída. Desta área total, 3.422,12m² estão dentro da faixa de domínio, com distribuição conforme pode ser visualizado no Quadro 2.

Quadro 2: Áreas das edificações, tipo e porcentagem invadindo a faixa de domínio.

Tipo da edificação	Porcentagem da edificação na faixa de domínio (m ²)			Total (m ²)
	até 50%	entre 50% e 99%	100%	
Comercial	257,19	1.154,11	530,29	1.941,59
Residencial	80,81	441,51	958,21	1.480,53
TOTAL	338,00	1.595,62	1.488,50	3.422,12

Somando todas as áreas invadidas da faixa de domínio por lixo, edificações, áreas cercadas e estacionamentos se obtêm 1,34 ha em áreas invadidas. Considerando que a área total da faixa de domínio na área em estudo é de 29,59 ha, chega-se a um total de 4,52 % da faixa de domínio invadida de alguma forma.

Quando se trata da faixa *non aedificandi* também se identificou muitas ocupações por edificações, totalizando 218 delas. Elas incluem residências, edículas, garagens, prédios residenciais com até quatro (4) pavimentos, estabelecimentos comerciais, galpões comerciais e diversas edificações do reassentamento de moradores de baixa renda na comunidade de Chico Mendes, executado pela Prefeitura Municipal de Florianópolis a partir do ano de 2000. Alguns exemplos dessas ocupações podem ser visualizados na figura 4.

Em 2000, a PMF assinou com a União um contrato de repasse de verbas para a implantação do Programa Habitar Brasil⁴ no município, que foi viabilizado, entre outros, através do projeto Bom Abrigo: Urbanização, Habitação e Desenvolvimento Comunitário destinado à Região Chico Mendes.

O investimento inicial do projeto foi de R\$ 9 milhões, sendo que R\$ 6,3 milhões foram repassados pelo BID ao governo federal como fundo perdido e R\$ 2,7 milhões são recursos do município. Entretanto, devido aos atrasos o montante do investimento chegou, em 2007, em torno de R\$ 14 milhões. O projeto beneficiou de 4 mil a 5 mil pessoas das comunidades de Chico Mendes, Novo Horizonte e Nossa Senhora da Glória, destacando-se a construção de moradias para famílias residentes na região na época (ROSA, 2007).

Foram identificadas na área *non aedificanti* da rodovia 88 edificações que fazem parte deste conjunto habitacional. Destas, a grande maioria foi construída graças ao programa habitacional financiado pelo BID. São edificações unifamiliares de área média de 24,00m² e originalmente com dois pavimentos. Muitas delas sofreram modificações pelos proprietários possuindo até três pavimentos. Num seguimento de 415m ao longo da rodovia, essas 88 edificações totalizam 3415,49m² de área. Dentro da faixa *non aedificandi*, a área é de 2.884,48m² e considerando o número de pavimentos, a área total construída dentro da faixa é de 4.689,67m².

⁴ O Programa Habitar Brasil BID (HBB), implantado no país em 1998, foi o resultado de acordos políticos e parcerias entre o Governo do Brasil e o BID. O Ministério das Cidades atua como órgão gestor, sendo a Caixa Econômica Federal (CEF) o agente financeiro, técnico e operacional, responsável pela implementação do programa. A Prefeitura é o agente executor.



Figura 4: Mapa com detalhe da ortofotocarta identificando invasões da faixa de domínio por estabelecimentos comerciais e ocupação da faixa *non aedificandi* por casas da comunidade Chico Mendes.

Estes são apenas alguns exemplos de ocupação na faixa *non aedificandi*. O número total de edificações ocupando parcialmente ou totalmente esta faixa na área em estudo, separadas por tipo e porcentagem da edificação invadindo a faixa pode ser visualizado no Quadro 3.

Quadro 3: Número de edificações, tipo e porcentagem ocupando a faixa *non aedificandi*. BR-282, entre os quilômetros 3 e 6.

Tipo da edificação	Porcentagem da edificação na faixa <i>non aedificandi</i> (n)			Total (n)
	até 50%	entre 50% e 99%	100%	
Comercial	27	22	18	67
Residencial	25	41	73	139
Garagem	4	6	2	12
TOTAL	56	69	93	218

Analisando os dados do Quadro 3 pode-se constatar que o número total de edificações que ocupam parcialmente ou totalmente a faixa *non aedificandi* é de 218. Destas 67 são comerciais, 139 residenciais e 12 são garagens. Destaque para as 88 edificações residenciais que fazem parte de um programa habitacional da PMF. No Quadro 4 pode-se ver um resumo das áreas destas edificações que ocupam a faixa *non aedificandi*.

Quadro 4: Área das edificações, tipo e porcentagem ocupando a faixa *non aedificandi*. BR-282, entre os quilômetros 3 e 6.

Tipo da edificação	Porcentagem da edificação na faixa <i>non aedificandi</i> (m ²)			Área Total (m ²)
	até 50%	entre 50% e 99%	100%	
Comercial	3.069,38	3.639,53	2.171,88	8.880,79
Residencial	738,94	3.907,06	3.228,71	7.874,71
Garagem	349,07	628,61	231,54	1.209,22
Área Total:	4.157,39	8.175,20	5.632,13	17.964,72

Analisando em conjunto os dados dos Quadro 3 e Quadro 4, percebe-se que apesar do número de edificações do tipo residencial (n=139) ser maior do que o comercial (n=67), a área ocupada por edificações comerciais é superior ao residencial. Isso porque há pelo menos 17 grandes galpões comerciais parcialmente na faixa, com área variando entre 300 e 1000m² cada um. Estes galpões ocupam grande área da faixa, justificando o desequilíbrio na proporção entre o número de edificações e sua área.

A faixa *non aedificandi* no trecho em estudo possui uma área total de 9,1549 hectares. Destes, 1,7964 hectare está ocupado por edificações, representado 19,62% da área da faixa ocupada.

São 218 edificações incluindo edículas, residências unifamiliares, prédios residenciais, prédios e galpões comerciais e garagens, parcialmente ou totalmente inseridos na faixa *non aedificandi* da rodovia. Entre esses há pelo menos 11 prédios residenciais e comerciais de 4 pavimentos, como também, pelo menos, 78 residências de dois andares, o que aumenta

substancialmente a área construída sobre a faixa. Assim, considerando o número de pavimentos das edificações e a área total construída dentro da faixa *non aedificandi* da BR-282, entre os Km's 3 e 6 da rodovia, chega-se ao valor de 2,7396 hectares de área construída dentro da faixa.

Considerando os dados espaciais que o DNIT possui para a gestão destas faixas marginais as rodovias, quando se trata da faixa *non aedificandi* no trecho em estudo percebe-se que nada está representado no levantamento topográfico disponibilizado pelo órgão. Ou seja, a metodologia de obtenção e processamento de imagens de RPA para a gestão das faixas marginais de rodovias, demonstra-se bastante eficiente para obtenção de dados de ocupação irregulares em faixa *non aedificandi* de rodovias.

6. CONCLUSÕES

A pesquisa realizada e os dados obtidos apontam para as seguintes conclusões. As faixas de domínio não estão sendo totalmente respeitadas, levando em consideração os dados obtidos (qualitativos e quantitativos) na área em estudo, um pequeno trecho com 3 quilômetros da BR-282 entre os Km's 3 e 6. Estes dados revelam a existência de um grande número de edificações de ordem comercial (n=16), residencial (n=26), depósitos de lixo (n=19), estacionamentos (n=8), além de áreas cercadas por particulares e placas publicitárias dentro da faixa de domínio. Somando todas as áreas invadidas se obtêm 1,34 hectare, ou seja, 4,52 % da área da faixa de domínio invadida de alguma forma na área em estudo.

Como esses espaços que pertencem ao corpo estradal têm por finalidade a segurança dos veículos e áreas para possíveis ampliações da via, como duplicações e implantação de terceira faixa, conclui-se que no futuro a viabilidade de obras de ampliação da rodovia neste trecho só virá através de processos judiciais, segundo inúmeras ações de reintegração de posse ou demolitórias.

Toda a sociedade é penalizada com isso, com o aumento do prazo de conclusão da obra, com os transtornos no tráfego, com a elevação do custo da obra e com mais tributos para o cidadão.

De maneira análoga as áreas *Non Aedificandi* do trecho em estudo, apresentam um quadro similar no que se refere às ocupações por edificações (n=218) de toda natureza. Residências (n=139), edículas, garagens (n=12), prédios residenciais ou comerciais com até quatro pavimentos (n=11), estabelecimentos comerciais (n=67), galpões comerciais (n=17) e 88 residências do reassentamento de moradores de baixa renda na comunidade de Chico Mendes, executado pela Prefeitura Municipal de Florianópolis. Um total de 1,80 hectare está ocupado por edificações, representado 19,62% da área da faixa *non aedificandi* ocupada.

Considerando o grande número de invasões encontradas na área em estudo, sendo notória a precariedade dos órgãos gestores e as condições ruins de muitas rodovias, infere-se que em trechos de características similares o quadro de invasões e ocupações das faixas de domínio e *non aedificandi* pode ser tão grave quanto o encontrado neste estudo.

A utilização do RPA para diagnosticar a situação das faixas de domínio e faixa *non aedificandi* de rodovias demonstrou-se de grande eficácia para identificar invasões e ocupações das mesmas. A geração de imagens de maneira rápida, obtendo-se um registro fotogramétrico preciso a um custo relativamente baixo se comparado aos métodos tradicionais de levantamento topográfico, pode aumentar substancialmente os subsídios disponíveis para que os órgãos

competentes possam avaliar e gerenciar as suas faixas de domínio e *non aedificandi*.

O levantamento por sensoriamento remoto corroborou os dados de invasão da faixa de domínio obtidos pelo levantamento da topografia de campo executado pelo DNIT na área em estudo. Porém as imagens do RPA ilustram detalhadamente a situação, auxiliando numa melhor interpretação geral da situação e podendo ser utilizadas como peça técnica em caso de processos judiciais e de desapropriação. Já no caso da faixa *non aedificandi*, os dados da RPA se tornam a única fonte de dados disponível para diagnóstico e gerenciamento, uma vez que normalmente nos levantamentos topográficos executados pelos órgãos gestores, apenas a faixa de domínio é levantada, sendo ignorada a *non aedificandi*.

Os objetivos propostos foram atingidos em sua totalidade através dos dados geoespaciais produzidos pelo estudo de caso, que forneceu todas as respostas às indagações prévias.

Como sugestões para próximas pesquisas e levantamentos de faixas marginais as rodovias utilizando RPA, sugere-se a utilização de equipamentos de correção do posicionamento GNSS tipo *Real Time Kinematic* (RTK) ou com a possibilidade de pós processamento dos dados por Posicionamento por Ponto Preciso (PPP). A geração dos produtos fotogramétricos sem a necessidade de pontos de controle em campo diminui substancial os trabalhos de campo, gerando resultados com precisão posicional absoluta melhor. Ainda, o processamento dos dados da nuvem de pontos 3D gerada pelo processamento dos dados do RPA, tipo classificação de pontos para a geração de MDS, pode facilitar a extração de informações de interesse para gestão da faixa de domínio da rodovia.

Como dificuldades da pesquisa, destaca-se a dificuldade na obtenção de licenças para os voos com o RPA e a necessidade de hardware de alto desempenho para processamento dos dados do voo.

Referências Bibliográficas

ANAC. Regulamento Brasileiro da Aviação Civil Especial RBAC-E nº 94. **Requisitos Gerais para Aeronaves Não Tripuladas de Uso Civil**. Resolução nº 419, de 2 de maio de 2017. Disponível em: <http://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac> Acessado em: 10/06/2017.

AWDZIEJ, João; PORCHER, Carlos Alfredo; SILVA, Luiz Carlos da. **Mapa Geológico do Estado de Santa Catarina**. Escala 1:500.000. E texto explicativo DNPM. 1986.

BARROS, E. R. O.; MAFRA FILHO, F. H. M. G.; ANDRADE, M. de O.; SATO, S. S. As Potencialidades e Limitações do Uso de VANT no Monitoramento de Faixa de Domínio de Rodovias Federais. In: XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia. Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** 06 a 09 de Novembro de 2017. Disponível em: www.cartografia.org.br/cbc/trabalhos/5/550/CT05-49_1506742931.pdf Acesso em: 17/11/2017.

CÂNDIDO, Anny K. A. A.; SILVA, Normandes Matos da; PARANHOS FILHO, Antonio. Imagens de Alta Resolução Espacial de Veículos Aéreos Não Tripulados (VANT) no Planejamento do Uso e Ocupação do Solo. In **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ** - Vol. 38 - 1 / 2015 p. 147-156, 2015.

CRUZ, Olga. **A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo: Um estudo de geomorfologia costeira**. Editora da UFSC. Florianópolis, SC. 1998.

DEINFRA/SC. **Faixa de Domínio**. Florianópolis/SC: DEINFRA/SC, 2008, p.01. [On Line]. Disponível em: <<http://www.dnit.gov.br/rodovias/operacoes-rodoviaras/faixa-de-dominio>>. Acesso em: 03/02/2017

DNER - Departamento Nacional de Estradas e Rodagem. **Glossário de Termos Técnicos Rodoviários**. Rio de Janeiro/RJ: IPR, 1997, 296p. [On Line]. Disponível em: <<http://ipr.dnit.gov.br/manuais/DNER-700-GTTR.pdf>>. Acesso em: 05/02/2017

DOD – Department of Defense. **Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Roadmap**. Washington, 2003. 195p.

GASPARINI, Diógenes. **Direito administrativo**. 13. ed. São Paulo: Saraiva, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/florianopolis/panorama> Acesso em: 07/10/2017.

LONGUITANO, George Alfredo. **VANTS para Sensoriamento Remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por cargas perigosas**. Dissertação (Mestrado). Escola politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo - SP, 2010.

MEIRELLES, Hely Lopes. **Direito Administrativo Brasileiro**. 33ªed. São Paulo/SP: Malheiros Editores, 2007.

MENDES, Lucio. **VANT Aplicado à Gestão e Monitoramento das Áreas Marginais as Rodovias** Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Transportes e Gestão Territorial. UFSC. Florianópolis - SC, 2017.

MENDONÇA, Eneida Maria Souza. Apropriações do espaço público: alguns conceitos. **Estudos e pesquisas em psicologia**. V. 7, n. 2 , 2007. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/revispsi/article/view/10926/8628> Acesso em: 17/11/2017.

MUNARETO, Luiz. **VANT e DRONES – A aeronáutica ao alcance de todos**. 2ª edição. Edição do autor. São Paulo-SP. 2017.

NANNI, A. S.; DESCOVI FILHO, L.; VIRTUOSO, M. A.; MONTENEGRO, D.; WILLRICH, G.; MACHADO, P. H., SPERB, R., DANTAS, G. S.; CALAZANS, Y. **Quantum GIS – Guia do Usuário**. Disponível em: <http://qgisbrasil.org>. Acessado em: 08/01/2017.

OLIVEIRA, R.H. **Conceituação dos sistemas de rodovias: faixas de domínio e suas atribuições legais**. 2 ed. São Paulo: Ática, 2012

PARENTE, Denis Cardoso. **Utilização de Veículo Aéreo Não tripulado (VANT) na identificação de resíduos da construção civil RCC dispostos em locais inadequados..**

Dissertação (Mestrado Profissional em Engenharia Ambiental). Programa de Pós Graduação em engenharia Ambiental. Universidade Federal do Tocantins. Palmas - TO, 2016.

PARENTE, Denis Cardoso; FELIX, N. Carvalho; PICANÇO, A. Pessoa, “Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de patologia superficial em pavimento asfáltico”, **Revista ALCONPAT**, 7 (2), pp. 160-171, DOI: <http://dx.doi.org/10.21041/ra.v7i1.161> (2017).

PEGORARO, Antoninho João. **Estudo do Potencial de um Veículo Aéreo Não Tripulado/Quadrotor como Plataforma na Obtenção de dados Cadastrais**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, SC, 2013

PERON; André; MAAR, Alexander; NETTO, Fernando Del Prá. **Santa Catarina: História, Espaço Geográfico e Meio Ambiente**. Editora Insular. 2ª edição. Florianópolis-SC. 2011.

PMF. Prefeitura Municipal de Florianópolis. IPUF – Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. **Atlas do Município de Florianópolis**. Coordenado por Maria das Dores Bastos. Florianópolis : IPUF, 2004

RAMBO, L.I. **Retificação Administrativa de Limites, Confrontações e Áreas de terrenos Urbanos junto ao Registro de Imóveis, a partir de dados do Cadastro Imobiliário Urbano**. Florianópolis, 2000. 175 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Curso de Pós – Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina.

ROSA, Edenilse Pellegrini da. **Gênero e Habitação: Participação Feminina na Construção de Viveres**. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política). Programa de Pós Graduação em Sociologia Política. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007,

SENSEFLY. **EBee - Extended User Manual**. Revision 16 / April 2015. Cheseaux-Lausanne. Switzerland. 2015.