



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
CENTRO DE ENGENHARIAS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ELLEN MARIA SAMPAIO ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA
QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

MOSSORÓ

2020

ELLEN MARIA SAMPAIO ALMEIDA

**UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA
QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE
RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Josicleide
Felipe Guedes.
Coorientador: Prof. Dr. Alisson Gadelha
de Medeiros.

MOSSORÓ

2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A447u ALMEIDA, ELLEN MARIA SAMPAIO.
UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA
QUANTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA
DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL / ELLEN MARIA
SAMPAIO ALMEIDA. - 2020.
77 f. : il.

Orientadora: Maria Josicleide Felipe Guedes.
Coorientador: Alisson Gadelha de Medeiros.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semi-árido, Curso de Engenharia Civil,
2020.

1. Drones. 2. Gerenciamento de resíduos. 3.
Análise quantitativa. I. Guedes, Maria Josicleide
Felipe, orient. II. Medeiros, Alisson Gadelha de,
co-orient. III. Título.

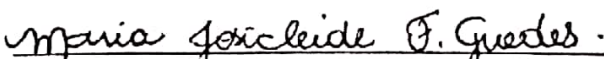
ELLEN MARIA SAMPAIO ALMEIDA

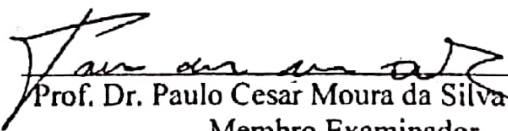
UTILIZAÇÃO DE VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO NA QUANTIFICAÇÃO DE
ÁREAS DE DISPOSIÇÃO INADEQUADA DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO
CIVIL

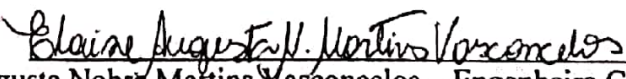
Monografia apresentada a Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como requisito
para obtenção do título de Bacharel em
Engenharia Civil.

Defendida em: 05 / 02 / 2020

BANCA EXAMINADORA


Profa. Dra. Maria Josicleide Felipe Guedes (UFERSA)
Presidente


Prof. Dr. Paulo Cesar Moura da Silva (UFERSA)
Membro Examinador


Elaine Augusta Nobre Martins Vasconcelos – Engenheira Civil (SEIMURB)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado o dom da vida, sendo responsável por renovar minhas forças para a conclusão desta etapa. Pela fé e esperança que me fazem ter objetivos significativos na vida e por manter a minha mente focada, superar com sucesso todos os obstáculos que surgem.

Agradeço aos meus pais, José Erinaldo e Maria do Socorro, por terem me ajudado e apoiado em todas as fases da minha vida e se fazerem presentes no meu dia a dia, mesmo que de longe. Muitas vezes sacrificando determinados passos de suas vidas para oferecer o melhor a todos os filhos, exercendo de forma exemplar os papéis de pai e mãe.

Agradeço aos meus irmãos, Emanuelle, Erika, Elaine e Erinaldo Júnior, por terem me acompanhado e aconselhado em toda minha vida, proporcionando amor fraterno, mesmo que algumas vezes de modo peculiar. Só tenho a agradecer por tudo que fizeram por mim. Também agradeço a minha sobrinha Sophia, uma criança iluminada, que trouxe ainda mais alegria para toda minha família.

Agradeço ao meu namorado, Ricardo Gomes e aos meus amigos, por todos os momentos pelos quais passamos juntos, sejam eles de boas risadas ou lágrimas. Por me fazerem um ser humano melhor, e entenderem quando eu tive de abrir mão de estar em sua companhia para cumprir com os meus deveres. Aos meus amigos, que fiz durante o período acadêmico, principalmente pelo companheirismo para ultrapassarmos todos os obstáculos que a UFRSA nos propôs, fazendo com que essa fase se tornasse mais leve.

À minha orientadora, Profa. Maria Josicleide Felipe Guedes, por ser tão acessível e paciente ao repassar seus conhecimentos e ensinamentos, por se mostrar uma profissional tão capaz ao exercer sua profissão com tanta dedicação, estando sempre disposta a fazer além daquilo que é requerido, por todo o apoio, suporte, compreensão e exigência para que esse trabalho fosse realizado da melhor forma possível, por contribuir de forma tão significativa para o meu crescimento profissional e pessoal. Ao meu coorientador Prof. Alisson Gadelha, por todos os ensinamentos repassados e disponibilidade. Ao Prof. Paulo César por se fazer sempre disponível em repassar os seus conhecimentos, sem ele a realização deste trabalho seria bastante difícil. A polícia ambiental de Mossoró, pela disponibilidade em nos acompanhar durante a realização das visitas a campo.

Agradeço a Banca Examinadora pela disponibilidade em contribuir com a melhoria deste projeto e com a minha formação acadêmica.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis”.

José de Alencar

RESUMO

O rápido crescimento econômico e desenvolvimento da indústria da construção civil, no município de Mossoró-RN, fez com que houvesse uma crescente geração de resíduos oriundos dessa atividade. A presente pesquisa tem como objetivo geral propor metodologia para a utilização de veículos aéreos não tripulados na quantificação de áreas de disposição inadequada de resíduos da construção civil no município de Mossoró-RN. Para tanto, utilizou-se imagens de satélite de alta resolução para identificação preliminar de possíveis áreas de disposição de resíduos da construção civil. Em seguida, cada uma dessas áreas foi sobrevoada, utilizando-se o drone *Phantom 4 Advanced*. Foi realizado o processamento das imagens através de técnicas computacionais, por meio do *software Agisoft Metashape*, para quantificação de resíduos da construção civil, e elaborados mapas temáticos por meio do *software* gratuito e livre QGIS. Por meio da metodologia proposta, foi possível gerar ortomosaicos, de forma a obter a quantificação da área e volume de resíduos da construção civil dispostos de maneira inadequada, comprovando que os veículos aéreos não tripulados podem auxiliar no gerenciamento desses resíduos. Foi verificada a existência de 16 áreas de descarte irregular da tipologia de resíduos estudada, sendo o bairro Rincão o que apresentou o maior volume acumulado de resíduos, de 19.387,09 m³. Diante dos resultados obtidos, ressalta-se a viabilidade técnica de utilização de veículos aéreos não tripulados para a modernização e otimização dos instrumentos de controle e fiscalização de áreas de disposição de resíduos da construção civil, podendo subsidiar a elaboração de políticas públicas.

Palavras-chave: Drones. Gerenciamento de resíduos. Análise quantitativa.

ABSTRACT

The rapid economic growth and development of the construction industry, in the municipality of Mossoró-RN, meant that there was an increasing generation of waste arising from this activity. The present research has as general objective to propose methodology for the use of unmanned aerial vehicles in the quantification of areas of inadequate disposal of construction waste in the municipality of Mossoró-RN. For this purpose, high resolution satellite images were used for preliminary identification of possible areas for disposal of construction waste. Then, each of these areas was flown over, using the Phantom 4 Advanced drone. The images were processed using computational techniques using the Agisoft Metashape software, for the quantification of construction waste, and thematic maps were elaborated using the free and free QGIS software. Through the proposed methodology, it was possible to generate orthomosaics, in order to obtain the quantification of the area and volume of civil construction waste disposed of inappropriately, proving that unmanned aerial vehicles can assist in the management of this waste. It was verified the existence of 16 areas of irregular disposal of the type of waste studied was verified, being the Rincão district the one that presented the largest accumulated volume of residues, of 19,387.09 m³. In view of the results obtained, the technical feasibility of using unmanned aerial vehicles for the modernization and optimization of control and inspection instruments in areas for the disposal of construction waste is emphasized, which can subsidize the elaboration of public policies.

Keywords: Drones. Waste management. Quantitative analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa.....	27
Figura 2 – Mapa de localização do município de Mossoró – RN	28
Figura 3 – Plano de voo da área Piçarreira Chico Mendes.....	33
Figura 4 – Alinhamento das imagens.....	33
Figura 5 – Construção da nuvem densa	34
Figura 6 – Construção do modelo	34
Figura 7 – Construção da textura	35
Figura 8 – Construção do modelo em mosaico	35
Figura 9 – Construção do modelo digital de elevação	36
Figura 10 – Construção do ortomosaico	36
Figura 11 – Delimitação das áreas com disposição de resíduos da construção civil através da ferramenta desenhar polígono	37
Figura 12 – Quantificação das áreas delimitadas	37
Figura 13 – Pontos de disposição inadequada de resíduos da construção civil.....	39
Figura 14 – Panorama do volume de resíduos da construção civil em Mossoró-RN.....	41
Figura 15 – Piçarreira Chico Mendes.....	42
Figura 16 – Proximidade dos pontos de descarte inadequado de resíduos da construção civil com os rios de Mossoró-RN	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANAC - Agência Nacional de Aviação Civil

CAG - circulação aérea geral

COM - circulação operacional militar

CR - alcance aproximado

DECEA - Departamento de Controle do Espaço Aéreo

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EsACosAAe - Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea

GNSS - navigation satellite system

HAE - grande autonomia

MAE - médio alcance

MMA - Ministério do Meio Ambiente

PGRCC - projetos de gerenciamento de resíduos da construção civil

PIGRCC - plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil

PMD - peso máximo de decolagem

PMGRCC - programa municipal de gerenciamento de resíduos da construção civil

PNRS - política nacional de resíduos sólidos

RAB - registro aeronáutico brasileiro

RCC - resíduos da construção civil

RPA - aeronaves remotamente pilotadas

SISNAMA - Sistema Nacional de Meio Ambiente

SISANT - sistema de aeronaves não tripuladas

SR - curto alcance

VANT - veículos aéreos não tripulados

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Objetivos	11
1.1.1	Objetivo geral	11
1.1.2	Objetivos específicos	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Veículos aéreos não tripulados (VANT)	12
2.1.1	Conceito e classificação	12
2.1.2	Aplicações	13
2.1.3	Legislação e normas aplicáveis	15
2.2	Resíduos sólidos	17
2.3	Resíduos da construção civil (RCC)	18
2.3.1	Conceito e classificação	18
2.3.2	Legislação e normas aplicáveis	19
2.3.3	Gestão e gerenciamento	21
2.3.3.1	Gerenciamento de resíduos da construção civil em Mossoró-RN.....	23
2.3.4	Metodologias utilizadas para mapeamento e quantificação das áreas de disposição inadequada de resíduos da construção civil	25
3	METODOLOGIA	27
3.1	Etapa 1 – área de estudo	27
3.2	Etapa 2 – Coleta de dados	29
3.3	Etapa 3 – Voos	29
3.3.1	Planejamento dos voos	29
3.3.2	Execução dos voos	29
3.4	Etapa 4 – Processamento das imagens	30
3.5	Etapa 5 – Geração de mapas temáticos	31
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1	Análise da metodologia proposta	32
4.2	Identificação e quantificação das áreas de grandes acúmulos de resíduos.....	39
4.3	Diretrizes para elaboração de políticas públicas	44
5	CONCLUSÃO	45
	REFERÊNCIAS	46
	APÊNDICE A – PLANOS DE VOO.....	54
	APÊNDICE B – ORTOMOSAICOS	61
	ANEXO A.1 – Áreas para destinação dos resíduos sólidos coletados pela prefeitura.....	76
	ANEXO A.2 – Área de disposição de poda e resíduos da construção civil.....	77

1 INTRODUÇÃO

A crescente utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) tem se destacado como um recurso de grande capacidade para obtenção de informações em diversas áreas do conhecimento. Inicialmente, os VANT eram utilizados para fins militares. No entanto, essa ferramenta possui diversas aplicações em diferentes áreas, como o auxílio na cartografia, em vigilância, na agricultura, controle de tráfego urbano e acesso a locais críticos. Seu uso se torna ainda mais abrangente quando equipados com câmeras, uma vez que as imagens retiradas, combinadas com técnicas computacionais, como algoritmos referentes a visão computacional e reconhecimento de padrões, podem possibilitar inúmeros avanços em diversas áreas (SILVA et al., 2014).

No Brasil, a utilização desses equipamentos vem crescendo de forma significativa, principalmente nas áreas referentes à agricultura, vigilância e monitoramento de recursos. Como exemplo, pode-se citar a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que utiliza imagens aéreas obtidas por meio de VANT para desenvolver uma base de dados que auxiliem e maximizem o resultado das colheitas (PARENTE, 2016). Os produtos gerados a partir do uso de VANT tem como base dados geocartográficos, que possibilitam, através da utilização de ferramentas de geoprocessamento, a realização de diferentes mapas, análises e índices (DEUS et al., 2017).

Dentro desta perspectiva, a utilização de VANT pode auxiliar no gerenciamento de resíduos da construção civil, por meio da identificação de áreas de disposição inadequada desses resíduos bem como a sua quantificação. Dessa forma, a criação de ortofotos (representação planialtimétrica do terreno) e ortomosaicos permitirá uma visualização completa da área mapeada, geração de modelos digitais de superfície e de terreno, bem como a elaboração de modelos tridimensionais das áreas selecionadas. Tais produtos possibilitam a análise do objeto de estudo sem a real necessidade de ir a campo, a não ser para a realização do voo para obtenção das imagens (DEUS et al., 2017).

Neste contexto, por meio da realização desta pesquisa, é proposta metodologia para a utilização de VANT na quantificação de áreas de disposição inadequada de resíduos da construção civil, no município de Mossoró-RN. Ressalta-se a importância desta pesquisa, uma vez que esse município aprovou recentemente o Plano Municipal de Saneamento Básico, sendo prevista, no plano setorial de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, a modernização dos instrumentos de controle e fiscalização, por meio da utilização de

tecnologia da informação (MOSSORÓ; START, 2016), sendo a utilização de VANT uma alternativa para essa finalidade.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Propor metodologia para a utilização de veículos aéreos não tripulados na quantificação de área e volume de pontos de disposição inadequada de resíduos da construção civil no município de Mossoró-RN.

1.1.2 Objetivos específicos

- Reconhecer os pontos de disposição inadequada de resíduos da construção civil provenientes de grandes acúmulos;
- Quantificar a área e volume dos resíduos da construção civil dispostos nas áreas identificadas;
- Fornecer subsídios aos gestores municipais na elaboração de políticas públicas do gerenciamento de resíduos da construção civil e recuperação das áreas degradadas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Veículos aéreos não tripulados (VANT)

2.1.1 Conceito e classificação

A crescente utilização de veículos aéreos não tripulados (VANT) tem se destacado como um recurso de grande capacidade para obtenção de informações em diversas áreas do conhecimento. Oliveira e Amorim (2015) conceituam os VANT como uma aeronave capaz de executar diferentes operações, sem a necessidade de haver um condutor.

A portaria normativa nº 606/MD (BRASIL, 2004) define VANT como plataforma aérea que pode ser operada através de controle remoto e executar planos de voo pré-definidos, com baixo custo operacional, sendo utilizados: i) para o transporte de cargas úteis; ii) como alvo aéreo; iii) transportar designador de alvo, bem como cargas letais.

Esses veículos são popularmente chamados de drones e, de acordo com a Agência Nacional de Aviação Civil (ANAC, 2017), podem ser categorizados em aeromodelos, utilizados para fins recreativos, ou aeronaves remotamente pilotadas (RPA), utilizadas para outros fins como corporativo, comercial ou experimental. As RAP classificam-se de acordo com o seu peso máximo de decolagem (PMD): i) classe 1 - possuem PMD acima de 150 kg; ii) classe 2 - entre 25 kg e 150 kg e; iii) classe 3 – entre 250 g e 25 kg.

De acordo com o informativo antiaéreo nº 03/2007, a Escola de Artilharia de Costa e Antiaérea (EsACosAAe), define a classificação dos VANT (BRASIL, 2007):

- alcance aproximado (CR – *close range*): possui pequeno raio de ação, cerca de 30 km, e autonomia de voo de aproximadamente 6 h. Bastante utilizados para reconhecimento diurno e noturno, vigilância, guerra eletrônica, etc.;
- curto alcance (SR – *short range*): possui raio de ação entre 100 e 300 km, com autonomia de 8 a 12 h. São comumente utilizados para missões de alcance próximo, tarefas de comando e controle, busca de alvos, etc.;
- médio alcance (MAE – *medium altitude endurance*): possui raio de ação de aproximadamente 700 km, com autonomia de voo de cerca de 12 h. Seus sensores transmitem as informações coletadas em tempo real. São utilizados para realização de reconhecimento profundos;
- grande autonomia (HAE – *high altitude endurance*): necessitam de um raio de ação considerável, mais de 1.000 km, e possuem sensores altamente sofisticados e até mesmo armamentos inteligentes.

Os VANT também se classificam de acordo com a sua forma construtiva em asa rotativa, fixa e híbrida. Equipamentos de asa rotativa são os mais populares e comercializados atualmente, por apresentarem maior custo benefício (LOPES, 2018).

Os drones de asa rotativa são semelhantes a helicópteros convencionais ou multirrotores. Esse tipo de equipamento é voltado para mapeamento e monitoramento de áreas relativamente pequenas. São comumente utilizados em agricultura, fiscalização ambiental, mercado imobiliário, topografia, etc. (SENAR, 2018). Moutinho (2015) acredita que esse tipo de drone é melhor, uma vez que possui boa capacidade planar e levanta voo verticalmente, sendo aproveitável para decolagem em locais apertados.

Equipamentos de asa fixa utilizam asas semelhantes às de um avião. Apresentam cobertura de área por voo, autonomia de bateria e velocidade de voo maior que drones de asa rotativa, por isso é bastante empregado para mapeamento e monitoramento de grandes áreas. Suas aplicações mais frequentes são em agricultura, mineração, monitoramento de fronteiras, engenharia, etc. (SENAR, 2018). Existem diversas configurações para esse tipo de VANT, como: hélice principal e asa secundária na cauda; motores em eixo, podendo possuir diferentes quantidades de eixos (ALVES JUNIOR, 2015).

Os drones de asa híbrida apresentam características dos equipamentos de asa rotativa e fixa. Eles são relativamente novos, ainda em fase de testes, sendo considerados uma aposta para o mercado futuro (SENAR, 2018). Esses veículos possuem a capacidade de decolar verticalmente e, posterior à sua decolagem, podem inclinar os motores ou parte da fuselagem. Desta forma, desenvolvendo voos semelhantes aos de aviões (ALVES JUNIOR, 2015).

2.1.2 Aplicações

Atualmente, a utilização de geotecnologias, especialmente VANT, tem se destacado por abranger diversas áreas de estudo e permitir análises diversas acerca de problemas ambientais. Como vantagens do uso desse equipamento podem-se citar a sua alta resolução espacial, facilidade na elaboração de planos de voo e autonomia do operador (BRAZ et al., 2015).

A aplicação desses equipamentos é bastante vasta, podendo ser utilizado em diferentes ramos, como em obras de engenharia, controle de uso e ocupação do solo, inspeção de tráfego, monitoramento de áreas de risco e fiscalização de rede elétrica (XAVIER, 2013).

No estudo de Buffon, Sampaio e Paz (2018) é apresentada uma metodologia que permite a avaliação das áreas do perímetro urbano passíveis de inundação, através do uso de

VANT e com o auxílio de sistemas de informações geográficas (SIG), para construção de mapas referentes ao risco de desastres. Por meio dos resultados da pesquisa foi possível constatar a eficiência da metodologia, principalmente para as áreas desprovidas de imagens com boa resolução, além de fornecer um banco de dados para a prevenção de desastres provenientes de inundações.

Ainda nessa temática, Silva et al. (2016) buscou avaliar e comparar o uso de VANT, *Light detecting and ranging* (LiDAR), estação total e *Global Navigation Satellite System* (GNSS) para o cálculo do volume de rejeito proveniente da extração de calcário laminado, no município de Santana do Cariri - CE. Os resultados obtidos demonstraram que o modelo proveniente do VANT obteve a melhor acurácia na quantificação volumétrica da pilha de rejeito, seguido pelos levantamentos do GNSS e LiDAR.

Com relação ao monitoramento de áreas, a utilização de VANT também tem se mostrado bastante eficaz. Medeiros et al. (2008) buscaram desenvolver um procedimento para obtenção de dados, monitoramento e georreferenciamento de atividades agrícolas, com o uso de VANT, desenvolvido na Universidade Federal de Santa Maria. O dispositivo mostrou grande potencial para o auxílio na identificação de áreas com falhas de germinação, infestação de invasoras, bem como no mapeamento da área sobrevoada.

Longhitano (2010) verificou a aplicabilidade da utilização de VANT para a análise e monitoramento de impactos ambientais, provenientes de acidentes com cargas perigosas. Por meio desse estudo, foi possível constatar que as imagens aéreas auxiliaram na avaliação do impacto causado, de maneira mais rápida e eficaz, além de prover vantagens econômicas para os causadores do acidente.

Esse dispositivo também pode auxiliar no monitoramento e acompanhamento de aterros sanitários, através das ortofotos obtidas, que possuem alto nível de detalhamento, possibilitando a identificação de problemas geotécnicos e de escoamento, que podem vir a surgir no maciço (MELO; SALIM; TEIXEIRA, 2017). Por meio desse monitoramento é possível estimar a vida útil das células existentes no aterro, prática fundamental, visto a frequente degradação dos resíduos ao longo do tempo (RECESA, 2008).

Recentes pesquisas demonstram o crescente uso de VANT na indústria da construção civil, principalmente nas atividades de monitoramento e inspeção. De acordo com Melo e Costa (2015), no canteiro de obras há uma grande variedade de atividades que são realizadas de forma simultânea, dificultando o monitoramento de cada etapa. Dessa forma, a utilização de VANT para inspeção de elementos como logística, segurança dos trabalhadores, sistema de

mobilidade, armazenamento dos materiais, gerenciamento dos resíduos e impactos causados na vizinhança tem se mostrado bastante eficaz.

No que se refere ao gerenciamento de resíduos sólidos, Parente (2016) utilizou imagens obtidas de VANT para auxiliar na identificação de pontos de descarte inadequado de resíduos da construção civil. Inicialmente foram utilizadas imagens de satélite de resolução inferior para identificação desses pontos, e, em seguida, realizados os voos sobre cada área a ser estudada. Os resultados obtidos mostraram-se satisfatórios, uma vez que os ortomosaicos gerados a partir das imagens auxiliaram de forma rápida, segura e precisa a identificação de pontos de descarte inadequados.

Lopes (2018) também analisou a viabilidade do uso de mini-VANT para identificar, quantificar e caracterizar os resíduos sólidos provenientes de desastres no Brasil, concluindo que o equipamento possui alto potencial para realização dessas atividades e algumas limitações no que diz respeito à caracterização dos resíduos.

2.1.3 Legislação e normas aplicáveis

A portaria nº 913/GC3, de 21 de setembro de 2009, definiu que cabe ao Departamento de Controle do Espaço Aéreo (DECEA) gerenciar e controlar o espaço aéreo, em conformidade com as legislações, acordos e tratados vigentes no país. O departamento em questão possui órgãos regionais responsáveis pela circulação aérea geral (CAG) e circulação operacional militar (COM), com o objetivo de promover um gerenciamento e navegação aérea eficiente (BRASIL, 2009).

De acordo com a Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005, a ANAC é responsável pelas atividades do Registro Aeronáutico Brasileiro (RAB), cujo objetivo é registrar todas as aeronaves sujeitas à legislação brasileira e emitir certificados de matrícula e aeronavegabilidade (BRASIL, 2005).

Conforme a legislação brasileira, as aeronaves não tripuladas podem ser divididas em aeromodelos (drones utilizados para fins recreativos) e aeronaves remotamente pilotadas, que compreendem os drones usados para fins comerciais, corporativos ou experimentais. O uso de drones com mais de 250 g é permitido apenas em áreas que sejam distantes de terceiros, no mínimo 30 m horizontais, sob responsabilidade total do operador e em conformidade com as diretrizes acerca da utilização do espaço aéreo do DECEA. Se houver alguma barreira de proteção entre o equipamento utilizado e as pessoas, não se necessita cumprir a distância

especificada. Para que se possa voar com drones com mais de 250 g próximo a terceiros, é necessário que todos concordem previamente com a operação (ANAC, 2017).

As RPA com peso máximo de decolagem acima de 250 g devem, obrigatoriamente, possuir cadastro realizado pelo sistema de aeronaves não tripuladas (SISANT) da ANAC. É necessário que o número de identificação obtido esteja acessível na aeronave ou em algum local de fácil acesso, de forma legível. Com relação ao registro dos voos, quando utilizados aeromodelos e RPA classe 3 (aeronaves com PMD menor ou igual a 25 kg) não se faz necessário o registro. Os voos realizados com as demais classes devem ser registrados (ANAC, 2017).

Dentre as normas em vigência no Brasil, referente a VANT, pode-se citar:

- Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94/2017: requisitos gerais para aeronaves não tripuladas de uso civil;
- Instrução Suplementar E94.503-001A: emissão de certificado de autorização de voo experimental para aeronaves remotamente pilotadas;
- Instrução Suplementar E94-001B: autorização de projeto de sistema de aeronave remotamente pilotada - procedimentos Gerais;
- Instrução Suplementar E94-002A: autorização de projeto de sistema de aeronave remotamente pilotada - RPAS - requisitos Técnicos;
- Instrução Suplementar E94-003A: procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas;
- Resolução nº 242, de 30 de novembro de 2000: aprova o regulamento para certificação e homologação de produtos para telecomunicações;
- Resolução nº 635, de 9 de maio de 2014: aprova o regulamento sobre autorização de uso temporário de radiofrequências;
- Resolução nº 680, de 29 de junho de 2017: aprova o regulamento sobre equipamentos de radiocomunicação de radiação restrita e altera o regulamento dos serviços de telecomunicações, o regulamento de gestão de qualidade do serviço de comunicação multimídia, o regulamento do serviço de comunicação multimídia e o regulamento do serviço limitado privado;
- Portaria nº 465, de 22 de agosto de 2007: aprova a norma nº 01/2007, anexa a esta portaria, que estabelece os procedimentos operacionais necessários ao requerimento para a execução do serviço especial para fins científicos ou experimentais;

- ICA 100-40: sistemas de aeronaves remotamente pilotadas e o acesso ao espaço aéreo brasileiro;
- ICA 100-12: regras do ar;
- ICA 100-37: serviços de tráfego aéreo.

2.2 Resíduos sólidos

Segundo a Norma Brasileira NBR 10.004 resíduos sólidos são:

Os resíduos nos estados sólido e semissólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004, p. 1).

A Lei nº 12.305 conceitua resíduos sólidos como:

Qualquer material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010, n.p).

Esses resíduos classificam-se, com relação à origem, em (BRASIL, 2010):

- resíduos domiciliares – provenientes de atividades domésticas;
- resíduos de limpeza urbana – oriundos das atividades de varrição, limpeza de logradouros e vias;
- resíduos sólidos urbanos – compreendem os resíduos domiciliares e de limpeza urbana;
- resíduos de estabelecimentos comerciais e prestadores de serviços – oriundos dessas atividades;
- resíduos de serviços públicos de saneamento básico – oriundos dessas atividades;

- resíduos industriais – provenientes de todos os processos de produção e instalação industrial; resíduos de serviços de saúde – originários dos serviços de saúde, de acordo com os órgãos do sistema nacional do meio ambiente (SISNAMA) e do sistema nacional de vigilância sanitária (SNVS);
- resíduos da construção civil – provenientes de obras de construção;
- resíduos agrossilvopastoris – oriundos de atividades agropecuárias e silviculturais;
- resíduos de serviços de transporte – gerados por meio das atividades de portos, aeroportos, terminais alfandegários, rodoviários, etc.;
- resíduos de mineração – gerados a partir de atividades de pesquisa e extração de minérios.

Com relação à periculosidade, os resíduos sólidos classificam-se em: i) resíduos perigosos – aqueles que devido a algumas de suas características como inflamabilidade, reatividade, toxicidade, etc. causam risco à saúde pública, bem como à qualidade ambiental; ii) resíduos não perigosos – aqueles que não se enquadram nas características dos resíduos perigosos (BRASIL, 2010).

A NBR 10.004 (ABNT, 2004) classifica os resíduos sólidos de acordo com os seus componentes e atividade que lhes deu origem:

a) resíduos classe I

- Perigosos.

b) resíduos classe II

- não perigosos;
 - resíduos classe II A (não inertes) – podem possuir propriedades de biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
 - resíduos classe II B (inertes) – aqueles que quando submetidos a contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, não apresentam solubilidade a concentrações superiores aos padrões de potabilidade existentes.

2.3 Resíduos da construção civil (RCC)

2.3.1 Conceito e classificação

A Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 307/2002 define os resíduos da construção civil como sendo aqueles provenientes de construções,

reformas, reparos e demolições, bem como os provenientes da preparação e escavação de terrenos. A referida resolução estabelece quatro classes de resíduos, sendo elas (BRASIL, 2002):

- classe A - resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados;
- classe B - resíduos que podem ser recicláveis para outros usos, como plásticos, papel, papelão, metais, vidros, madeira, etc.;
- classe C - resíduos para os quais ainda não há possibilidade de reutilização ou aplicações que possuam viabilidade econômica que permitam a sua reciclagem, como exemplo pode-se citar os produtos oriundos do gesso;
- classe D - resíduos perigosos provenientes de processos construtivos, como tintas, solventes, óleos ou ainda materiais contaminados ou que possam vir a prejudicar a saúde humana, oriundos de demolições e reformas de edificações como clínicas radiológicas, indústrias, etc.

Costa et al. (2007) afirmam que os RCC apresentam em sua composição, restos de materiais construtivos como, argamassa, concreto, tijolo, cerâmica, gesso, etc. sendo comumente considerados inertes, fazendo com que não sejam realizadas as devidas etapas de gerenciamento. No entanto, esses resíduos podem possuir, em sua constituição, materiais não inertes.

2.3.2 Legislação e normas aplicáveis

Em agosto de 2010, entrou em vigor a Lei nº 12.305 que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), seus princípios, objetivos, instrumentos e diretrizes no que concerne às responsabilidades dos geradores e do poder público, prevendo uma responsabilidade compartilhada do ciclo de vida dos produtos, considerando não apenas os fabricantes, mas também os importadores, distribuidores, consumidores e até mesmo os responsáveis pelas atividades de limpeza urbana e manejo (BRASIL, 2010).

De acordo com o Art. 20 da referida Lei, as empresas de construção civil, estão sujeitas à elaboração de um plano de gerenciamento desses resíduos, em conformidade com todos regulamentos e normas estabelecidas pelos órgãos do SISNAMA, de forma a diminuir os impactos ambientais causados. Esse documento deve estar em conformidade com o Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos do respectivo município, contendo informações como caracterização dos resíduos, triagem, acondicionamento, transporte e

destinação final, bem como ações de prevenção e correção, caso seu gerenciamento não seja realizado de forma correta (BRASIL, 2010).

O Plano Nacional de Resíduos Sólidos tem grande importância no cenário atual, uma vez que estabelece diretrizes e metas relacionadas ao gerenciamento eficiente de RCC. Essas diretrizes têm como grande objetivo estabelecer práticas de cunho ambiental, como a reciclagem e descarte adequado dos resíduos. Para que se possa alcançar os objetivos estabelecidos, também deve-se capacitar os gestores municipais e privados, bem como divulgar as experiências e resultados satisfatórios, de forma a incentivar a população (IPEA, 2012).

Outro instrumento legal existente, referente a esta temática, é a Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) que, de acordo com seu Art. 1º, objetiva estabelecer diretrizes, critérios e procedimentos no que diz respeito à gestão dos resíduos da construção civil, de forma a diminuir os impactos ambientais gerados.

Como principal instrumento para um gerenciamento adequado dos referidos resíduos, a resolução prevê, de acordo com seu Art. 5º, a implementação do Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PIGRCC), que deve ser produzido pelos municípios e Distrito Federal, levando em consideração, se existentes, o Programa Municipal de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PMGRCC) e Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC).

O PIGRCC deverá conter: i) as diretrizes e procedimentos necessários para elaboração, por parte dos grandes geradores, do PMGRCC e PGRCC; ii) banco de dados referente as áreas, públicas ou privadas, adequadas ao recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes de RCC; iii) processos de licenciamento das áreas que serão destinadas ao beneficiamento e disposição final dos resíduos; iv) impedimento ao descarte de RCC em áreas que não sejam licenciadas; v) incentivo a reciclagem e reutilização; vi) estabelecimento de especificações para cadastramento de transportadores; vii) diretrizes acerca da fiscalização e controle dos agentes em questão; viii) ações de cunho educativo, de forma a incentivar a redução de RCC (BRASIL, 2002).

Dentre as normas brasileiras referentes aos RCC, pode-se citar:

- NBR 15.112/2004: resíduos da construção civil e resíduos volumosos – Áreas de transbordo e triagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.113/2004: resíduos sólidos da construção civil e resíduos inertes – Aterros – Diretrizes para projeto, implantação e operação;

- NBR 15.114/2004: resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação;
- NBR 15.115/2004: procedimentos para execução de camadas de pavimentação utilizando agregados reciclados de resíduos da construção;
- NBR 15.116/2004: requisitos para utilização em pavimentos e preparo de concreto sem função estrutural com agregados reciclados de resíduos da construção;
- NBR 13.221/ 2010: transporte terrestre de resíduos.

2.3.3 Gestão e gerenciamento

A PNRS define como gestão integrada o conjunto medidas com o intuito de solucionar os problemas referentes aos resíduos sólidos, levando em consideração as esferas política, econômica, ambiental, cultural e social, de forma a promover o desenvolvimento sustentável. Já o gerenciamento de resíduos sólidos é definido como o conjunto de atividades desempenhadas durante as etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento, destinação final dos resíduos e disposição final dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Faz-se necessário seguir as diretrizes presentes na PNRS, uma vez que a elevada geração de RCC, associada ao seu mau gerenciamento, resulta em diversos impactos ambientais devido ao uso, muitas vezes, irracional dos recursos naturais e destinação final ambientalmente inadequada. Quando não gerenciados de forma correta, esses resíduos acabam sendo descartados em locais inadequados, como logradouros públicos, vias, margens de rios e terrenos baldios, comprometendo, dessa forma, o aspecto visual do ambiente e a qualidade de vida urbana devido a proliferação de vetores de doenças.

De acordo com uma pesquisa realizada no ano de 2017, pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA), referente a gestão de resíduos sólidos no Brasil, foi levantado que 54,8 % dos municípios possuem Plano Integrado de Resíduos Sólidos. Entre as regiões, os percentuais mais baixos foram os dos municípios das regiões Norte e Nordeste, com 54,2 e 36,6 %, respectivamente. Esse estudo teve como objetivo elaborar um panorama nacional acerca da existência dos referidos planos nos estados e municípios, da destinação final dos resíduos coletados, bem como das iniciativas relacionadas a logística reversa, subsidiando, dessa forma, a reformulação das diretrizes do MMA, promovendo uma gestão eficaz e ambientalmente adequada desses resíduos (BRASIL, 2018).

Com relação ao tratamento dos RCC, a reciclagem destaca-se como uma alternativa bastante eficiente, uma vez que contribui para o desenvolvimento sustentável, minimizando o

descarte de resíduos. Os resíduos oriundos de obras civis possuem como composição básica restos de tijolos, alvenaria, argamassa, concreto, cerâmica, dentre outros materiais, que podem ser reutilizados como agregados, no entanto, a maior parte é destinada aos aterros sanitários, que muitas vezes, devido ao seu mau gerenciamento, podem acabar como lixões (DURAN; LENIHAN; O'REGAN, 2006).

A Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002) define aterro de RCC como uma área destinada a disposição dos resíduos classe A, realizando o acúmulo de materiais segregados com o intuito do seu posterior reuso ou utilização da área, tendo em vista a necessidade de executar todos os procedimentos técnicos e relacionados à engenharia, para compactá-los a um volume bastante reduzido, de forma a evitar danos ambientais e à saúde humana.

Em grandes centros urbanos, a reciclagem de RCC contribui consideravelmente para o aumento da vida útil dos aterros, uma vez que a geração de resíduos é bastante elevada (BRASILEIRO; MATOS, 2015). Vale ressaltar que os resíduos em questão podem ser reutilizados para diversos fins, tais como: confecção de tijolos, blocos pré-moldados, tubos de drenagem, camadas de base e sub-base, placas para a construção de pavimentação, meio-fio, uso em argamassa de revestimento, obras de contenção, etc. (BOHNENBERGER et al., 2018).

A NBR 15.114 (ABNT, 2004) define áreas de reciclagem de RCC como um espaço destinado ao recebimento desses resíduos e que possui todos os equipamentos necessários para reciclagem dos resíduos classe A (resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados), devendo haver locais de triagem, armazenamento temporário de resíduos não recicláveis, processamento dos resíduos e armazenamento dos materiais produzidos. Por fim, também deve haver um plano de inspeção e manutenção com o objetivo de identificar e procurar soluções para possíveis problemas que possam causar danos ao meio ambiente ou à saúde.

Devido a crescente geração de RCC, existe uma grande demanda por áreas que possam ser utilizadas como aterro, no entanto essa solução acaba não sendo viável do ponto de vista ambiental. Diante dessa problemática, o governo de Hong Kong aprovou em 2005 um serviço de cobrança de taxas, que possuíam preços mais elevados para os geradores que destinassem seus resíduos para aterros. Em contrapartida, os geradores que enviassem para usinas de beneficiamento, que reaproveitam ou reciclam os RCC, teriam uma redução da taxa, incentivando essa prática (HAO et al., 2008).

Em países da União Europeia como Holanda, Dinamarca e Alemanha os índices de reciclagem de RCC variam entre 50 e 90 %, enquanto que em países como Portugal e Espanha esses índices são inferiores a 50 %. Vale ressaltar que a maior parte dos agregados

oriundos da reciclagem de RCC são utilizados para pavimentação e aterros, sendo pouco empregados para fabricação de produtos como concreto, blocos e argamassas (ÂNGULO, 2005).

No Brasil, anteriormente à Resolução CONAMA nº 307 (BRASIL, 2002), existiam apenas 16 usinas de reciclagem de RCC classe A. Após a referida resolução entrar em vigor, o número de usinas aumentou consideravelmente. Cerca de 47 usinas de reciclagem foram inauguradas, sendo 24 públicas e 23 de iniciativa privada. Mais de 20 % das usinas públicas estão localizadas em municípios que possuem plano de gerenciamento de RCC, como exemplo pode-se citar a cidade de Belo Horizonte – MG, que possui três unidades de reciclagem (MIRANDA; ÂNGULO; CARELI, 2009).

De acordo Pinto (2005), o processo de reciclagem de RCC compreende as etapas de triagem dos resíduos, homogeneização, trituração, extração de componentes metálicos, eliminação de agentes contaminantes e estocagem. No entanto para que as usinas de reciclagem obtenham sucesso, Menezes, Pontes e Afonso (2011) afirmam que é importante seguir uma metodologia multidisciplinar, que compreende as etapas de: i) caracterização física e química do resíduo, ii) alternativas para sua aplicação; iii) verificação da viabilidade financeira; iv) análise do impacto do novo produto gerado no meio ambiente; v) análise de possíveis ameaças à saúde; vi) conhecimento do processo de produção e; vii) marketing do processo.

No tocante à gestão de RCC, Pinto e González (2005) apresentam três diretrizes gerais a serem seguidas: facilitar a ação dos agentes envolvidos, disciplinar a ação mediante atividades e fluxos, e incentivar a adesão das ações de forma que os novos procedimentos se tornem vantajosos. Tais diretrizes devem ser materializadas através de determinadas atividades, como a criação de um programa municipal por meio do qual pequenos geradores pudessem dar uma destinação correta ao seu RCC. Ademais, além desses serviços, seria fundamental a existência de instalações físicas para realização das diferentes operações, para que, desse modo, os geradores de maior porte pudessem exercer, de forma mais viável, as responsabilidades referentes aos seus resíduos.

2.3.3.1 Gerenciamento de resíduos da construção civil em Mossoró-RN

Em Mossoró, os serviços referentes a limpeza pública e manejo dos resíduos são realizados pela empresa terceirizada Vale Norte Construtora LTDA. No ano de 2014, os custos com essas atividades foram de R\$ 30.585.234,12, sendo que 31,6% desse montante diz

respeito aos custos com coleta de volumosos, principalmente de RCC. A prefeitura acaba não realizando a cobrança de taxas sobre as empresas geradoras dessa tipologia de resíduos, responsáveis pela coleta e disposição final dos seus resíduos, devido a inexistência de regulamentação municipal referente a esses serviços (MOSSORÓ; START, 2016).

Existem, atualmente, três áreas reconhecidas pela prefeitura de Mossoró para disposição final de resíduos sólidos, expostas no Anexo A: i) o aterro sanitário, que possui uma área de aproximadamente 17,5 ha, devendo receber apenas os resíduos sólidos classe II A (não inertes); ii) o aterro de resíduos da construção e demolição, para onde devem ser encaminhados apenas os RCC e resíduos de poda; iii) a piçarreira Chico Mendes, também utilizada para disposição de RCC e resíduos de poda (MOSSORÓ; START, 2016).

Através de pesquisas em campo, foram identificadas e catalogadas 897 áreas de disposição inadequada de RCC, provenientes de pequenos geradores, no município de Mossoró. Por meio desses dados constatou-se uma densidade média de 22 pontos.km² de área urbanizada. Por meio desse estudo, foi comprovado que os bairros Abolição, Alto de São Manoel, Nova Betânia, Paredões, Planalto 13 de maio e Santo Antônio possuíam maior quantidade de pontos disposição inadequada desses resíduos, aproximadamente 46% do total de áreas identificadas. Por meio desses números constatou-se a iminente necessidade do plano municipal de saneamento básico, bem como o plano integrado de gerenciamento de resíduos da construção civil (OLIVEIRA et al., 2019).

Ainda com relação à geração de RCC oriundos de pequenos geradores, Silva et al. (2019) propuseram, por meio de estudos e mapeamento de pontos de descarte irregular, uma área para instalação de pontos de entrega voluntária (PEV), no bairro Alto de São Manoel, uma vez que neste local já havia disposição desses resíduos. É importante salientar que no município de Mossoró não existem locais destinados a este fim, ressaltando a necessidade de instalação de PEV em alguns locais estratégicos.

Vasconcelos (2011) realizou uma análise acerca do gerenciamento de RCC no município de Mossoró – RN, e através do contato com 10 construtoras e 3 empresas privadas de coleta, foi possível constatar que não há reciclagem nem reutilização desses resíduos. As empresas responsáveis pela coleta declararam que a disposição dos resíduos é feita no antigo lixão das Cajazeiras e em terrenos privados, que acabam funcionando como áreas de bota-fora. As referidas áreas de disposição final possuem licenças, estando devidamente autorizadas pelos gestores municipais e proprietários, no entanto, as empresas afirmaram que não existe uma fiscalização por parte da prefeitura. Também foi informado que a maior parte das construtoras não exige a documentação prescrita pela Resolução CONAMA nº 307

(BRASIL, 2002), comprovando a disposição adequada dos resíduos em questão, o que mostra a falta de conhecimento acerca da legislação vigente e, ainda, ineficiência na fiscalização das construtoras e transportadoras.

Ventura (2017) objetivou realizar o zoneamento de RCC em Mossoró, por meio de ferramentas de geoprocessamento e questionários aplicados a 16 grandes geradores. Por meio da pesquisa constatou-se que nenhuma das construtoras possuía um controle anual acerca da geração de RCC, desta forma, foi estimada uma geração de $527 \text{ m}^3.\text{ano}^{-1}$, levando em consideração apenas as obras que estavam sendo executadas no intervalo de tempo pesquisado. Com relação à destinação final desses resíduos, verificou-se que é realizada, em suma, por empresas terceirizadas, no entanto, grande parte das construtoras afirmaram não saber o local de descarte. Das empresas que informaram realizar o recolhimento do seu próprio resíduo, duas não mencionaram o local de descarte, uma mencionou dispor em aterro específico, mas não citou o endereço, e outra afirmou fazer a reutilização e reciclagem dos seus resíduos.

2.3.4 Metodologias utilizadas para mapeamento e quantificação das áreas de disposição inadequada de resíduos da construção civil

Em uma pesquisa realizada no município de Pelotas - RS, para a caracterização quantitativa dos RCC gerados, utilizou-se uma metodologia proposta por Neto (2005), que consiste na realização da média entre os valores referentes à movimentação de resíduos das empresas responsáveis pela coleta e volume de descarte em aterros autorizados pela prefeitura e empresas de coleta. Para identificação dos pontos de disposição irregular de RCC, foram realizadas visitas *in loco* e, com o auxílio de GPS, foram coletadas as coordenadas desses pontos. Os dados coletados foram adicionados ao Sistema de Apoio ao Gerenciamento dos RCC, software desenvolvido para subsidiar os municípios nas etapas de gerenciamento desses resíduos (TESSARO; SÁ; SCREMIN, 2012).

Ângulo et al. (2011) avaliaram dois métodos de quantificação de RCC, em uma região do estado de São Paulo, levando em consideração a geração proveniente de agentes informais (pessoas que realizam reformas em residências já existentes, podendo gerar pequenos ou grandes volumes de resíduos) e formais (empresas legalizadas que geram volumes consideráveis de resíduos). O método indireto foi baseado em área construída e transformação de pontos de luz e água instalados, quantificando os RCC em massa. Já no método direto foi realizada uma divisão do município em 15 regiões e posteriormente foi feito um levantamento

in loco, identificando o volume e origem dos resíduos. Por fim, constatou-se que a metodologia de quantificação indireta possui grande viabilidade, uma vez que apresenta menor custo quando comparada ao método direto utilizado.

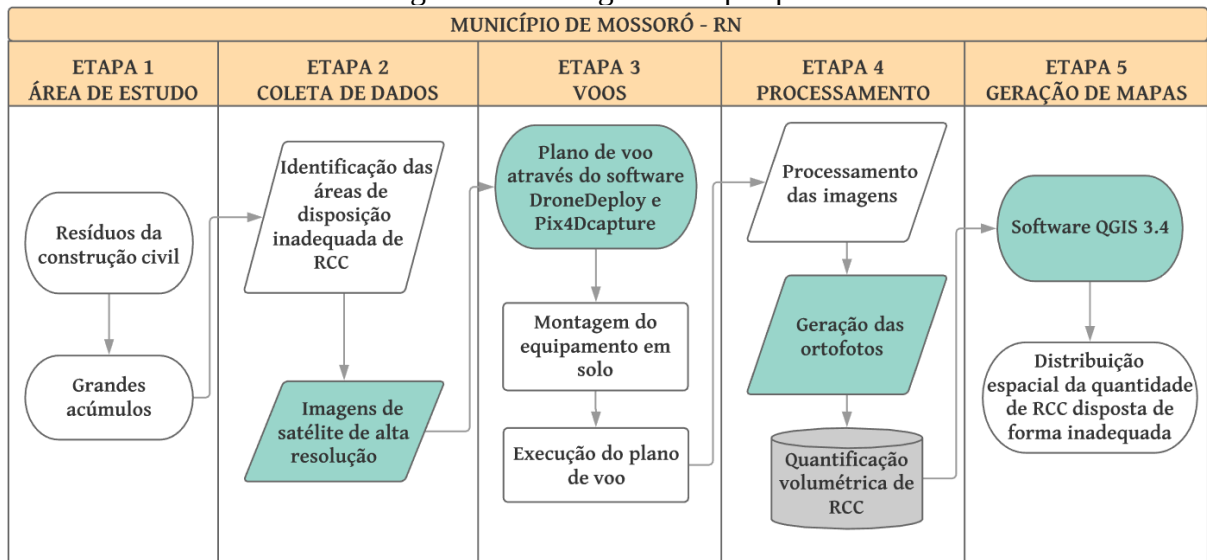
Costa, Athayde Júnior e Oliveira (2014) determinaram a quantidade de RCC, de acordo com a área construída de uma amostra representativa das edificações que se encontravam em construção, no município de João Pessoa – PB. Para tanto, foi fornecido aos responsáveis pelas construções uma ficha para preenchimento de dados referentes às características e volume de RCC gerado nas obras, ao longo do cronograma estabelecido. A partir desse volume e de sua massa unitária, foi possível calcular a massa de RCC gerada em cada uma das obras.

Mesquita (2012) buscou analisar as características, quantidades e impactos ambientais dos RCC gerados no município de Teresina - PI. Sua pesquisa foi realizada em obras selecionadas a partir de estruturação deliberada e sistemática, considerando a área construída e fazendo uma comparação entre os materiais utilizados e os descartados, tendo como base valores teóricos de consumo. Para realizar essa comparação foi calculada a quantidade de material necessária em quilos, de acordo com os traços de argamassa e concreto, fazendo as devidas medições de perda de material, em cada etapa construtiva. A partir dos resultados concluiu-se que, no referido município, existem perdas consideráveis de materiais nas construções, onerando os custos das obras e contribuindo com o aumento dos impactos ambientais.

3 METODOLOGIA

As etapas metodológicas propostas para o desenvolvimento desta pesquisa estão sintetizadas na Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da pesquisa



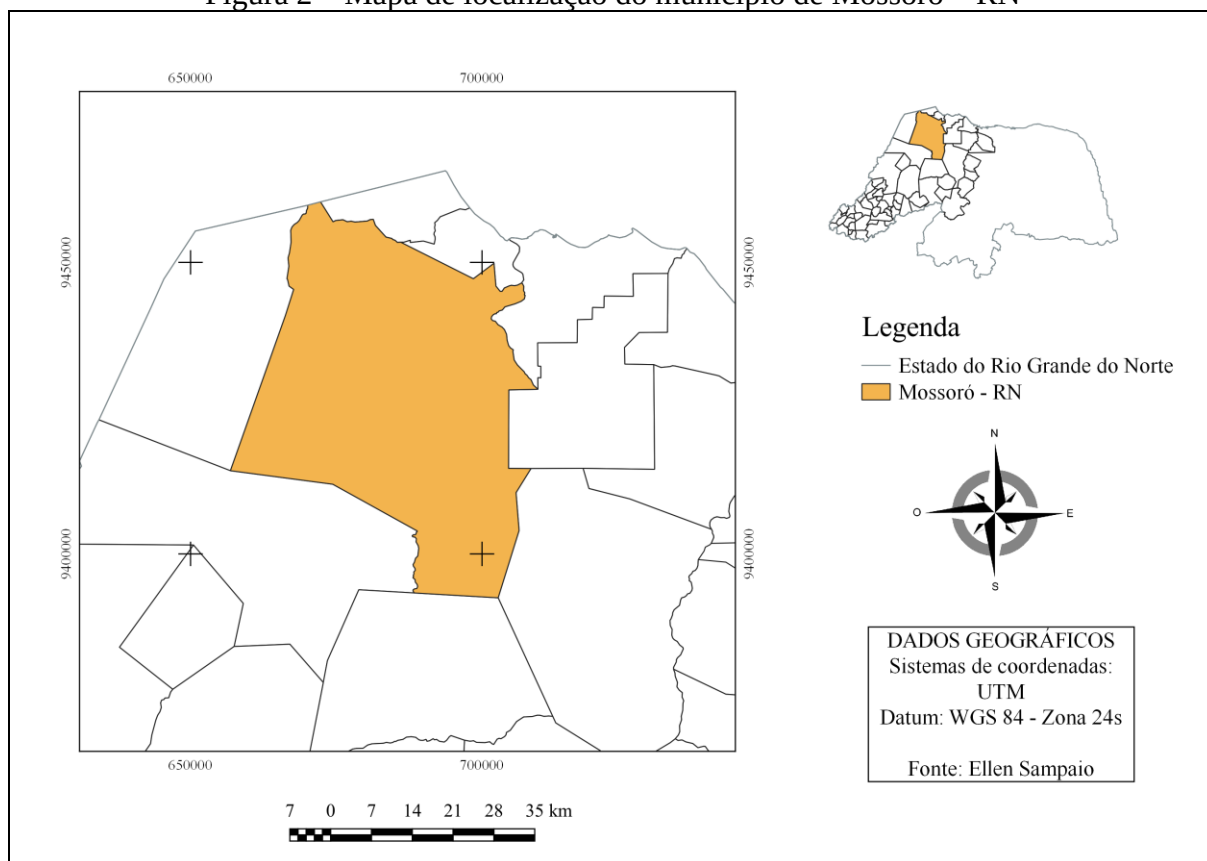
Fonte: Autoria própria (2019).

As etapas apresentadas compreendem uma metodologia exclusiva para a realização do presente trabalho. Em resumo, a etapa 1 consistiu em identificar a área a ser estudada, compreendendo os grandes acúmulos de RCC. A etapa 2 compreendeu a catalogação das áreas de disposição inadequada de RCC. Na etapa 3 foram realizados os voos sobre as áreas catalogadas. A etapa 4 foi voltada para o processamento das imagens retiradas com o VANT, por meio de um software utilizado para esse fim. Por fim, a etapa 5 contemplou a elaboração de mapas temáticos com os dados levantados. Todas essas etapas serão detalhadas nos itens seguintes.

3.1 Etapa 1 – área de estudo

O presente estudo foi desenvolvido no município de Mossoró, localizado no estado do Rio Grande do Norte (Figura 2), sob coordenadas geográficas 5°11'17" de latitude sul e 37°20'39" de longitude oeste. Apresentando uma população estimada de 294.076 habitantes (IBGE, 2018), com uma densidade demográfica de 123,76 habitantes.km⁻² (IBGE, 2010).

Figura 2 – Mapa de localização do município de Mossoró – RN



Fonte: Autoria própria (2019).

O clima de Mossoró-RN se enquadra no tipo BSw^h, com base na classificação climática de Koppen, ou seja, “clima seco, muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono”, apresentando precipitação pluviométrica muito irregular e uma média anual de precipitação de 673,9 mm, com temperatura média de 27°C e umidade média relativa do ar de 68,9% (ALVARES et al., 2013).

O município em questão tem se destacado devido ao seu rápido processo de urbanização e crescimento econômico, que ocorreu, em suma, devido a exploração do petróleo e construção civil. Com isso, houve uma crescente geração de resíduos, o que tem acarretado problemas com relação ao seu gerenciamento adequado (SILVA; MORAIS, 2015).

Uma quantidade significativa dos resíduos gerados nesse município tem como disposição final o aterro sanitário da região e lixões clandestinos. Ferreira et al. (2012) observaram, por meio de visitas técnicas ao antigo lixão das Cajazeiras, inativo à época da pesquisa, que a população ainda depositava resíduos nesse local, sendo os resíduos da construção civil os de maior incidência (FERREIRA; CAMACHO; ALCÂNTARA NETO, 2012).

3.2 Etapa 2 – coleta de dados

A segunda etapa do estudo consistiu na identificação das áreas de disposição inadequada de grandes acúmulos de resíduos da construção civil, através da análise de imagens de satélite do *software* gratuito *Google Earth Pro*. Por meio dessa análise, identificou-se um total de 20 áreas possíveis de descarte inadequado de RCC, distribuídas em todo o perímetro urbano do município, nos bairros Alto da Conceição, Barrocas, Bela Vista, Planalto 13 de maio, Paredões, Redenção, Santa Júlia, Rincão e Sumaré.

3.3 Etapa 3 – voos

3.3.1 Planejamento dos voos

A maioria dos planos de voos, das áreas identificadas, foram realizados através do aplicativo *DroneDeploy*, que é gratuito para realização do planejamento e execução de voos, possuindo planos pagos que possibilitam o acesso a mais funções, como o processamento das imagens em nuvem. Ao delimitar qualquer área para realização de voo, o aplicativo disponibiliza automaticamente o tempo de voo, a área do local a ser sobrevoado, o número de imagens que serão retiradas e o número de baterias necessárias. Na elaboração de cada um dos planos, foram realizados todos os ajustes necessários para otimização do tempo de voo e bateria do dispositivo, adotando uma altitude de voo de 100 m, conforme exposto no Apêndice A. Também foi utilizado o aplicativo gratuito *Pix4Dcapture* para o planejamento de alguns voos. Esse aplicativo permite a execução dos voos sem a necessidade de usar os dados móveis do *smartphone*.

3.3.2 Execução dos voos

Para execução dos voos foi utilizado o drone *Phantom 4 Advanced* da DJI, do tipo asa rotativa, versão voltada principalmente para o uso profissional, devido a sua câmera gravar em 4K e full HD. Esse modelo de drone possui câmera e sensores capazes de mapear o ambiente ao seu redor, com o objetivo de detectar e impedir o impacto do equipamento com outros objetos. O *Phantom* possui um controle remoto, que pode ser acoplado a um *smartphone* ou *tablet*, possibilitando a visualização das imagens da câmera em tempo real. Anteriormente a realização do voo, deve-se verificar a carga das baterias e do celular a ser utilizado, as hélices, o plano de voo, bem como as condições do local a ser sobrevoado. Vale

ressaltar que nas visitas a campo, houve o apoio da Polícia Ambiental de Mossoró, uma vez que grande parte das áreas estão situadas em locais periféricos do município. As especificações técnicas do VANT utilizado, encontram-se na Quadro 1.

Quadro 1 - Especificações técnicas Phantom 4 Advanced

Características	Especificações
Posição do produto	Drone profissional de nível básico
Peso	1368 g
Máximo tempo de voo	30 minutos
Sistema de visão	Sistema de visão avançada e descendente
Sensor de obstáculo	prevenção de obstáculos frontais
Sensor da câmera	1" CMOS, pixels efetivos 20 M
Máxima resolução de vídeo	4K 60P
Máxima distância de transmissão	FCC: 4.3 mi
Sistema de transmissão de vídeo	Lightbridge
Frequência de operação	2.4 GHz

Fonte: Adaptado da DJI (2019).

3.4 Etapa 4 – processamento das imagens

Para geração dos ortomosaicos e quantificação volumétrica de RCC, foram utilizadas técnicas computacionais por meio software *Agisoft Metashape*. Esse programa é capaz de realizar o processamento fotogramétrico das imagens retiradas com o VANT e gerar dados espaciais em 3D, que podem ser exportados para aplicativos GIS.

Por meio desse software foi possível calcular o volume de RCC proveniente de grandes acúmulos dispostos de forma inadequada. Esses quantitativos foram obtidos através do sensor sônico de altura do VANT utilizado e anexados aos arquivos das imagens georreferenciadas.

A técnica de fotogrametria digital associada a métodos computacionais, permite que se obtenha um sistema de processamento automatizado e acessível. Os ortomosaicos gerados encontram-se no Apêndice B. É importante ressaltar que a máquina utilizada para o processamento das imagens possui uma placa de vídeo GTX 1080 e o tempo máximo de duração dos processos foi de aproximadamente 1 h 30 min.

Esse procedimento foi realizado para todas as áreas de disposição inadequada de RCC identificadas nesta pesquisa. Porém, nos resultados (item 4.1), será apresentado o detalhamento dessa etapa para a área da Piçarreira Chico Mendes.

3.5 Etapa 5 – geração de mapas temáticos

Para a elaboração dos mapas temáticos foram utilizadas as ferramentas do *software* gratuito e livre QGIS, versão 3.4, que permitiu a visualização, edição e análise das informações processadas, de forma a obter um mapa referente a distribuição espacial da quantidade de RCC disposta de forma inadequada.

O sistema de projeção cartográfica utilizado foi o Universal Transversa de Mercator (UTM), datum World Geodetic System (WGS) 84 e fuso (zona) 24 sul, referente à localização geográfica do município de Mossoró-RN.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise da metodologia proposta

Diante da necessidade de utilizar novas tecnologias para otimizar a quantificação volumétrica de áreas de disposição de resíduos da construção civil, e sua fiscalização por parte dos órgãos competentes, os veículos aéreos não tripulados se apresentaram como uma alternativa tecnicamente viável.

A utilização desse equipamento, para a finalidade proposta, foi baseada no fluxo de trabalho que englobou as seguintes etapas: i) alinhar imagens; ii) construir nuvem densa; iii) construir modelo; iv) construir textura; v) construir modelo em mosaico; vi) construir modelo digital de elevação (DEM); vii) construir ortomosaico; viii) desenhar polígono; ix) quantificação da área e volume. Para demonstrar o passo a passo do processamento realizado foi utilizada uma das áreas identificadas, de maior relevância no município de Mossoró-RN, denominada Piçarreira Chico Mendes.

Após a elaboração do plano de voo (Figura 3), que no caso da Piçarreira Chico Mendes totalizou 55 imagens, com duração de 5 min e 22 s e a utilização inferior a uma bateria, foi possível sobrevoar a área e obter um conjunto de fotos. Dispondo dessas imagens, iniciou-se o processamento através do *software Agisoft Metashape*. Inicialmente foram inseridas no software as imagens da referida área sobrevoada. Feito isso, procedeu-se com a etapa (i), alinhamento de imagens, que consiste na identificação dos pontos correspondentes entre as imagens (LOPES, 2018). Foi utilizado o nível de precisão médio, mantendo as demais configurações padrões, conforme apresentado na Figura 4.

Posteriormente, foi executada a etapa (ii), construção de nuvem densa, de acordo com a Figura 5, na qual foi realizada a geometria do modelo de maneira mais detalhada, caracterizando a superfície dos objetos (LOPES, 2018). Foram mantidas as configurações padrões.

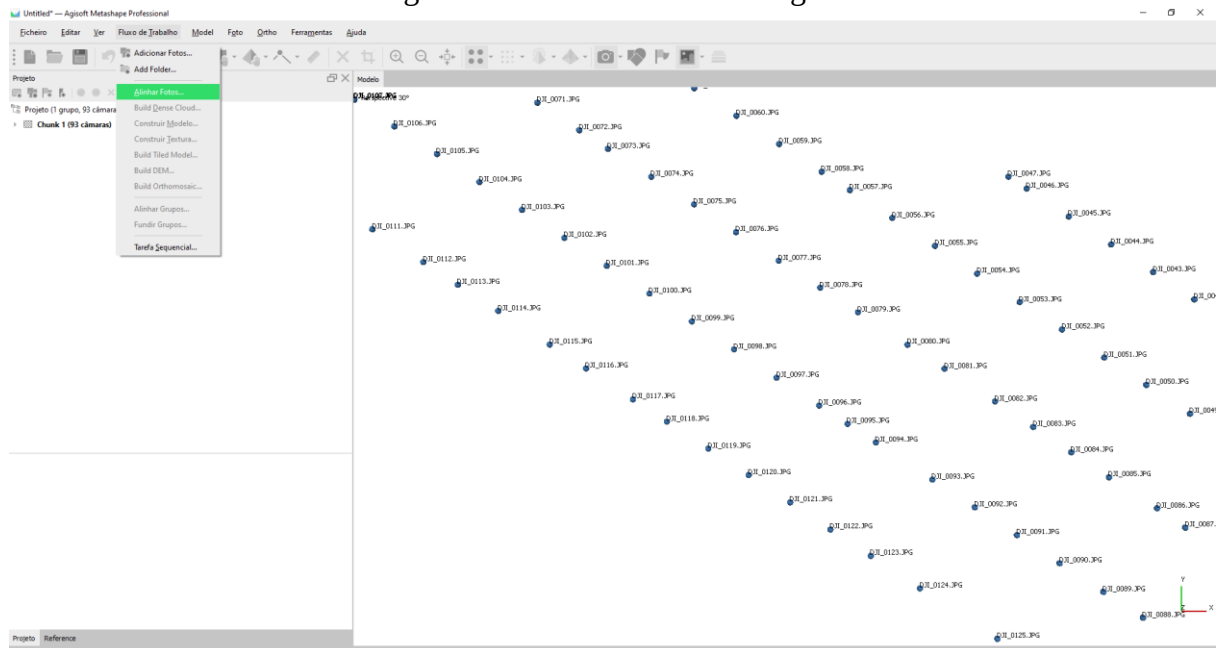
As etapas (iii) a (v) consistiram na construção do modelo, textura e modelo em mosaico, respectivamente. A construção do modelo foi realizada a partir da nuvem de pontos densa, mantendo as demais configurações padrões (Figura 6). Para a construção da textura, foram mantidas todas as configurações padrões (Figura 7). Por fim, a construção do modelo em mosaico foi realizada a partir da nuvem de pontos densa, selecionando a qualidade média e mantendo as demais configurações padrões (Figura 8).

Figura 3 – Plano de voo da área Piçarreira Chico Mendes



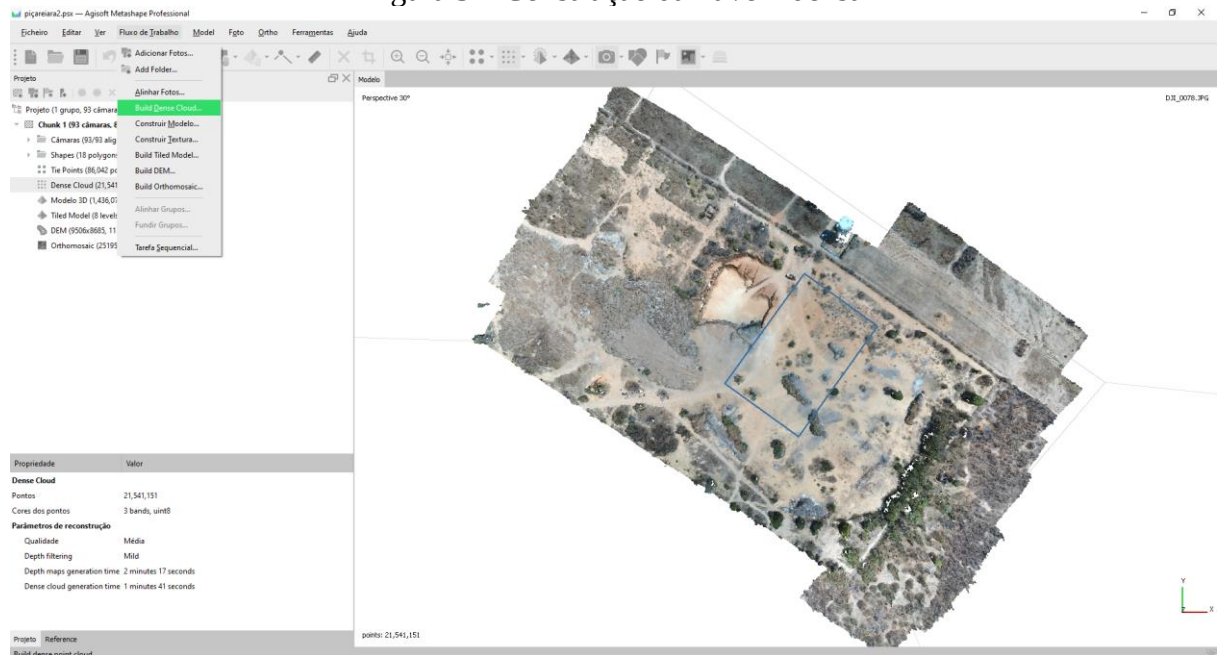
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 4 – Alinhamento das imagens



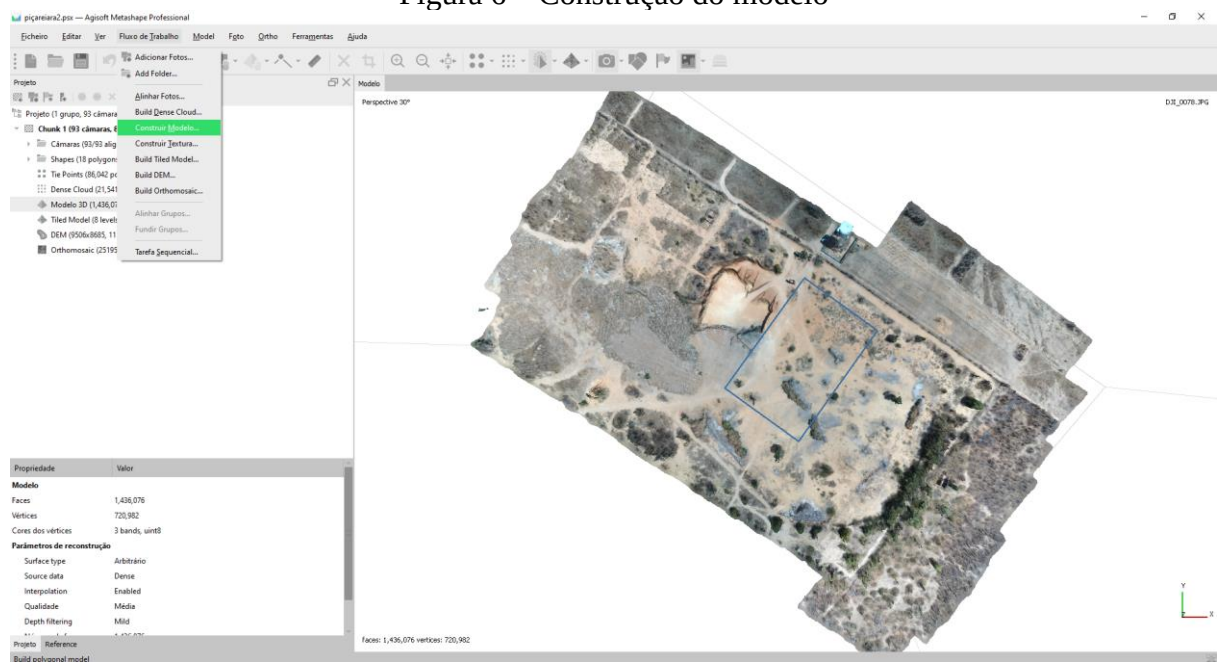
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 5 – Construção da nuvem densa



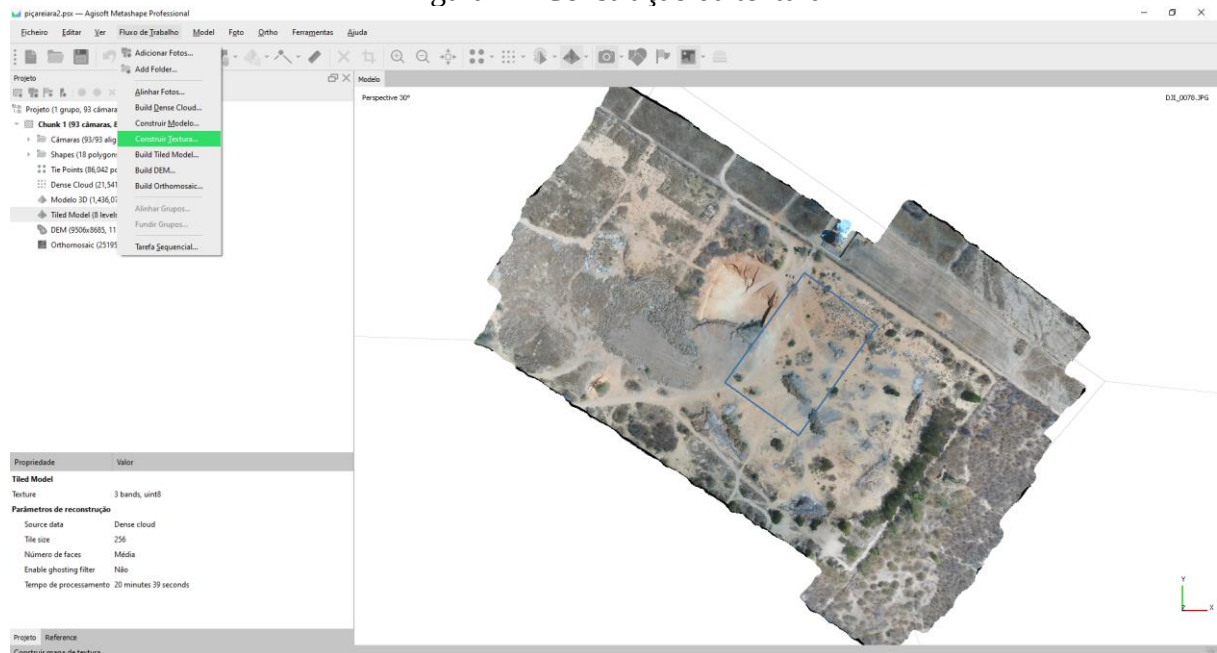
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 6 – Construção do modelo



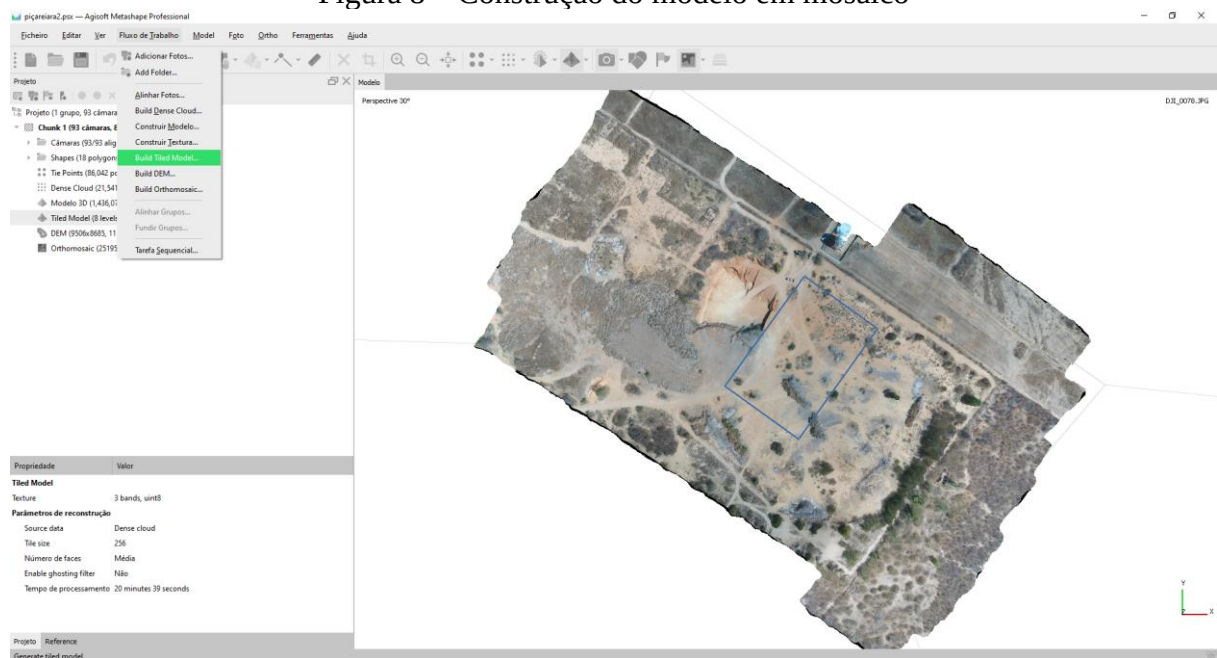
Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 7 – Construção da textura



Fonte: Autoria própria (2019).

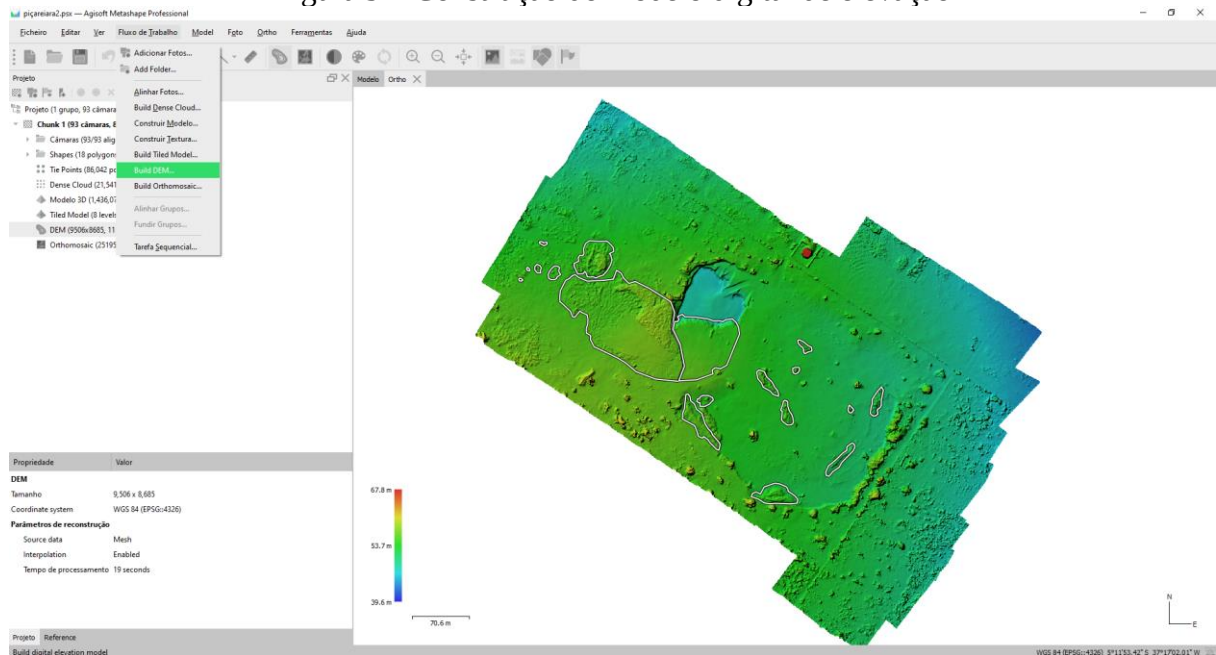
Figura 8 – Construção do modelo em mosaico



Fonte: Autoria própria (2019).

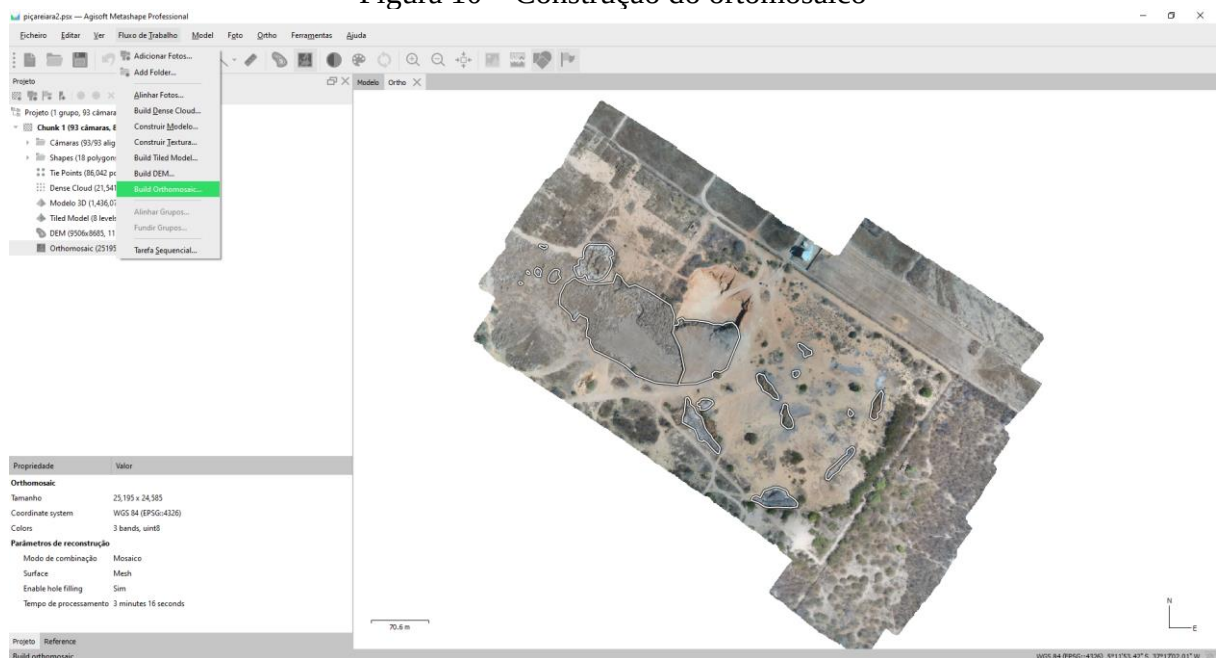
Em seguida, foram realizadas as etapas (vi) e (vii), construção do modelo digital de elevação e construção do ortomosaico, respectivamente. A construção do DEM foi realizada a partir da nuvem de pontos densa, mantendo as configurações padrões (Figura 9). Na construção do ortomosaico foi criado o mosaico ortorretificado do conjunto de imagens selecionadas (Figura 10). A superfície selecionada foi a malha de pontos.

Figura 9 – Construção do modelo digital de elevação



Fonte: Autoria própria (2019).

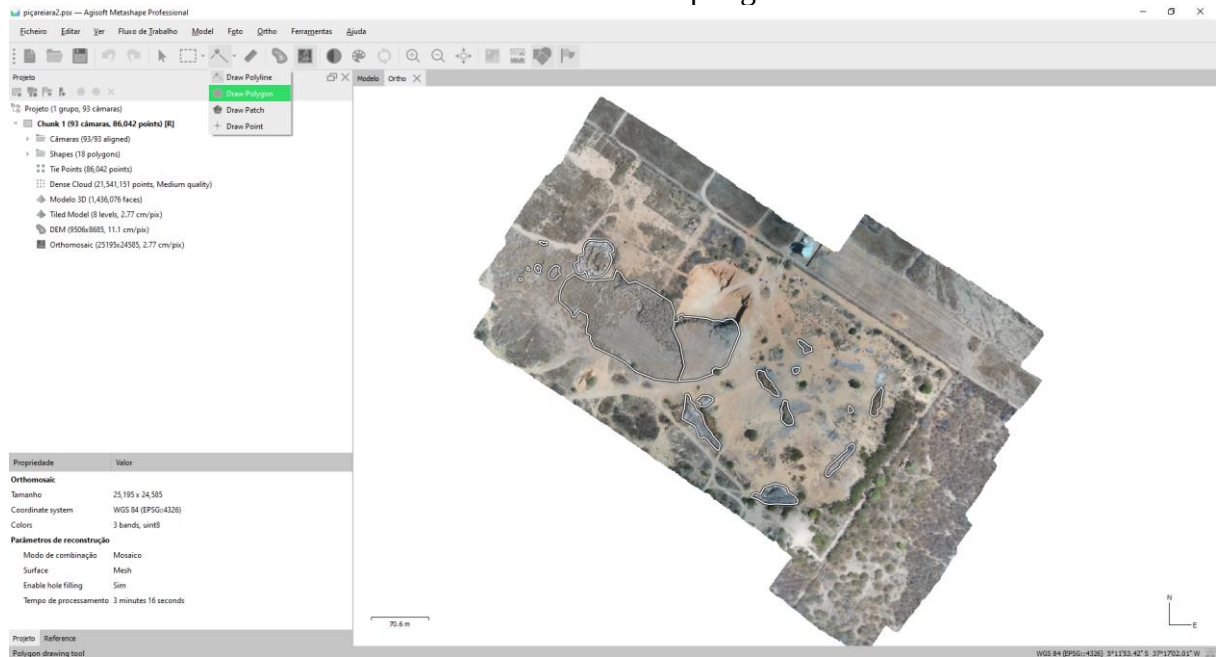
Figura 10 – Construção do ortomosaico



Fonte: Autoria própria (2019).

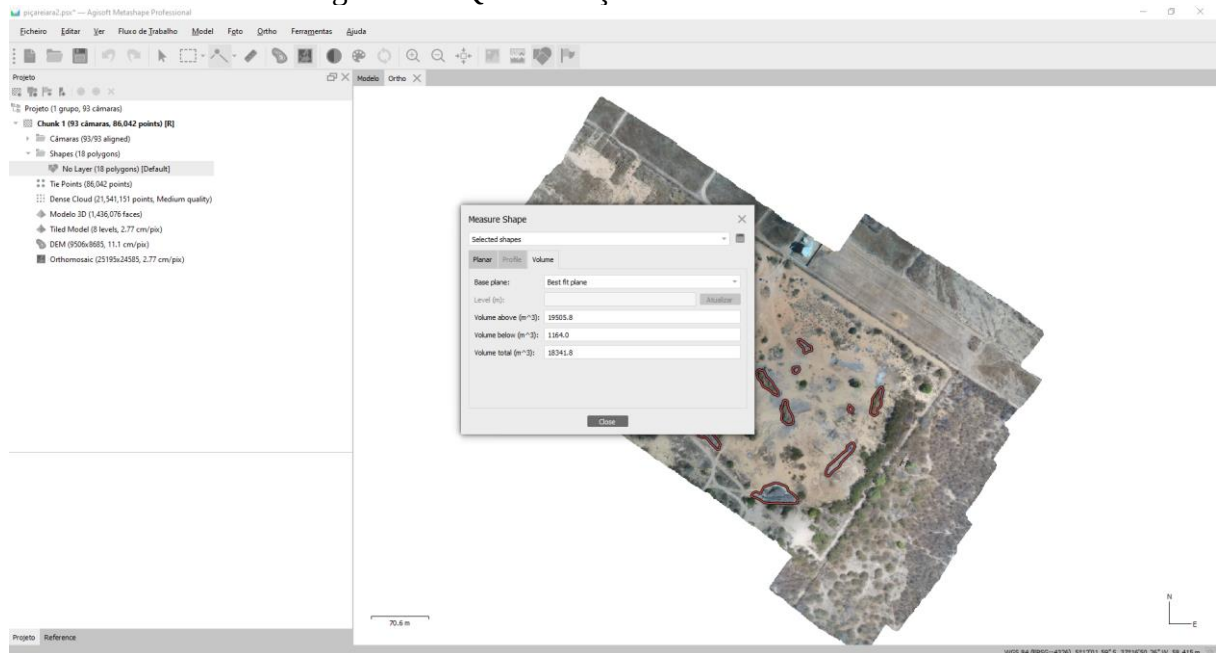
Por fim, por meio das etapas (viii) e (ix), intituladas como desenhar polígono e quantificação da área e volume, respectivamente, foi possível criar manualmente *shapes* referentes às áreas com disposição de RCC, calcular o nível do solo e o volume abaixo e acima desse nível, conforme apresentado nas Figuras 11 e 12. Para o estudo em questão foi considerado apenas o volume acima do nível do solo.

Figura 11 – Delimitação das áreas com disposição de resíduos da construção civil através da ferramenta desenhar polígono



Fonte: Autoria própria (2019).

Figura 12 – Quantificação das áreas delimitadas



Fonte: Autoria própria (2019).

Aplicando a metodologia proposta nesta pesquisa, pode-se elaborar um diagnóstico realista da disposição de RCC em uma determinada localidade, com alta resolução espacial, sendo possível delimitar as áreas de interesse, bem como obter informações quantitativas de área e volume de resíduos descartados, o que comprova a eficiência do uso de VANT para essa finalidade.

Como pontos negativos, pode ser citado a instabilidade de voo, diante condições climáticas adversas, como ventos fortes. Essa situação ocorreu neste estudo, durante o levantamento de duas áreas, localizadas nos bairros Sumaré e Planalto 13 de Maio, o que ocasionou problemas na obtenção dos ortomosaicos, etapa (vii). Provavelmente, na execução do plano de voo, ocorreram ventos fortes, e como o VANT utilizado possui peso relativamente baixo, os resultados obtidos não foram satisfatórios sob tais condições.

Diante de situações como essa, recomenda-se que os voos sejam realizados em horários planejados em condições ambientais favoráveis de tempo. Além disso, durante o processamento das imagens, ressalta-se que, na etapa (viii), os polígonos são delimitados manualmente, o que pode resultar em fontes de erros. Destaca-se, ainda, a necessidade de utilização de máquinas com elevada capacidade de processamento, principalmente para planos de voos mais longos, que resultarão em uma maior quantidade de imagens.

Apesar dessas limitações, o equipamento mostrou-se bastante eficiente para a realização do estudo em questão, otimizando a equipe necessária para o levantamento das informações *in situ*, bem como o tempo para obtenção dos dados, comparada a metodologias convencionais, como o uso de estação total.

De acordo com a pesquisa realizada por Lopes (2018), a utilização de mini-VANT para obtenção do volume de resíduos gerados a partir de desastres, no Brasil, mostrou-se bastante satisfatória e viável. A ferramenta utilizada realiza uma estimativa volumétrica, que tem como base um plano reto, definido de acordo com o polígono que foi manualmente traçado, portanto, há um erro associado. Porém, esse erro não é tido como significativo, podendo ser relevado.

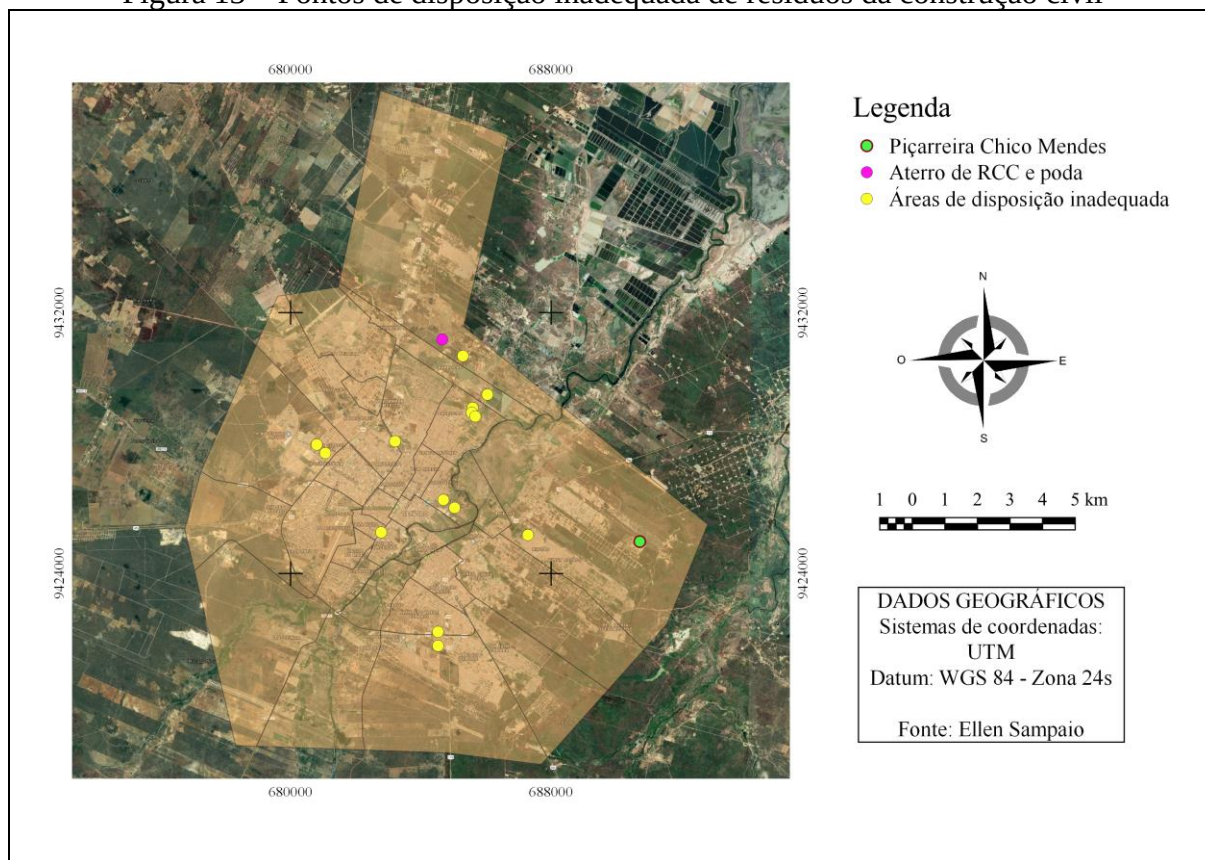
Vale ressaltar que, inicialmente, alguns planos de voos elaborados, a exemplo de áreas localizadas nos bairros Santo Antônio e Santa Júlia, não foram executados, pois estão situadas em zonas de voo proibido. Isso ocorreu porque o VANT utilizado possui a tecnologia *geofencing*, que evita o sobrevoos do equipamento próximo a áreas de risco, como aeroportos e penitenciárias. Para realização desses voos foi necessária uma autorização especial, solicitada pelo site do fabricante do drone.

Por fim, a metodologia proposta mostrou-se importante para o gerenciamento dos resíduos em questão, podendo auxiliar o processo de fiscalização, uma vez que facilita o levantamento de áreas críticas. Dessa forma, o poder público terá subsídios para a tomada de decisão quando da elaboração de políticas públicas para remediação de áreas degradadas.

4.2 Identificação e quantificação das áreas de grandes acúmulos de resíduos

Durante as inspeções *in situ* foi possível verificar se nas áreas demarcadas previamente, por meio do Google Earth, havia realmente disposição de RCC. Nessa fase, também foram localizadas novas áreas. Das 24 áreas identificadas, apenas 16 haviam descarte considerável desses resíduos (superior a 10 m³), como pode-se ver na Figura 13, totalizando aproximadamente 39.652, 55 m³ (Tabela 1).

Figura 13 – Pontos de disposição inadequada de resíduos da construção civil



RCC (resíduos da construção e civil).

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com a Tabela 1, o bairro Barrocas apresenta a maior incidência de pontos de disposição irregular de RCC, totalizando 3 pontos. No entanto, o bairro que possui o maior volume acumulado de resíduos é o Rincão, com aproximadamente 19.387,09 m³, seguido do bairro Santa Júlia com cerca de 15.986,93 m³. Tal fato ocorre principalmente devido às duas áreas reconhecidas pela prefeitura, para disposição de resíduos da construção civil, se situarem nesses referidos bairros. Segundo estudo realizado em Mossoró, Oliveira et al. (2016) verificaram que o trecho Barrocas/Passagem de Pedras possuía o maior número de áreas de descarte inadequado de RCC.

Tabela 1 – Caracterização das áreas de disposição de resíduos da construção civil em Mossoró

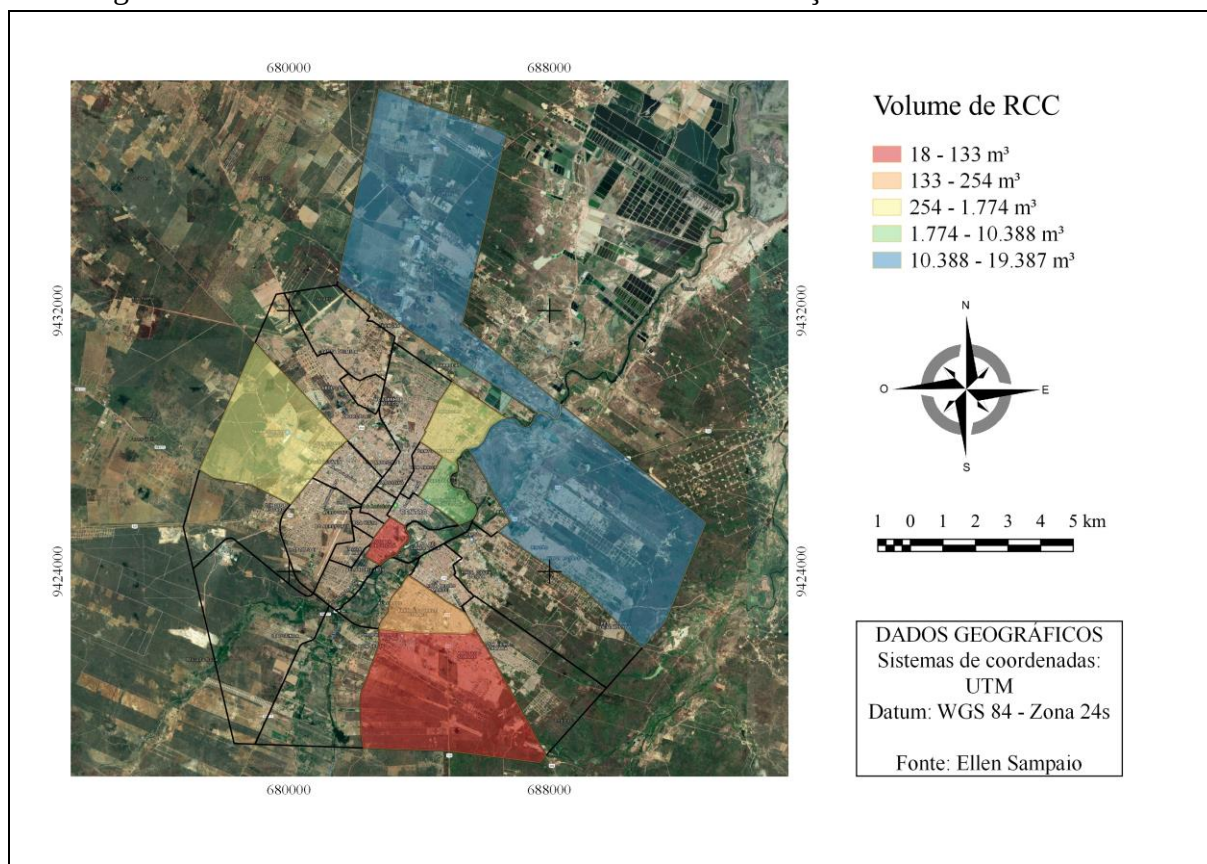
Nome	Área total (m ²)	Área ocupada por RCC ¹ (m ²)	Área ocupada por RCC (%)	Volume de RCC (m ³)
Alto da Conceição	2.653,00	315,08	11,88	129,79
Aterro de RCC/ Santa Júlia	64.085,86	52.888,65	82,53	15.548,15
Barrocas 1	8.520,00	1.971,20	23,14	378,97
Barrocas 2	3.955,94	1.881,50	47,56	245,50
Barrocas 3	11.479,66	7.732,30	67,36	1.095,70
Bela Vista 1	18.480,14	494,37	2,68	40,21
Bela Vista 2	32.153,14	1.186,20	3,69	242,28
Planalto 13 de Maio	3.409,00	631,52	18,53	138,68
Paredões 1	45.884,63	13.940,00	30,38	1.511,10
Paredões 2	23.522,62	3.183,80	13,54	478,76
Piçarreira C. M. ² / Rincão	48.741,83	21.917,10	44,97	19.359,00
Redenção/ Santa Júlia	319.201,43	1.858,50	0,58	251,64
Rincão	886,91	162,93	18,37	28,09
Santa Júlia	3.801,39	792,87	20,86	187,14
Santo Antônio	2.671,36	1.348,40	50,48	320,77
Sumaré	1.882,49	151,22	8,03	17,56
Total	591.329,40	110.455,65	-	39.973,33

¹RCC (resíduos da construção civil). ²Piçarreira C. M. (Piçarreira Chico Mendes).

Fonte: Autoria própria (2019).

Na Figura 14 é apresentado um panorama para a distribuição volumétrica de RCC para áreas de grandes acúmulos de resíduos em Mossoró-RN. Os bairros Alto da Conceição e Sumaré apresentaram um menor volume de RCC, entre 18 e 133 m³. Em contrapartida, os bairros Rincão e Santa Júlia destacaram-se como as localidades com maiores acúmulos de resíduos, entre 10.388 e 19.387 m³.

Figura 14 – Panorama do volume de resíduos da construção civil em Mossoró-RN



RCC (resíduos da construção civil).

Fonte: Autoria própria (2019).

Observou-se que nas proximidades e no próprio aterro de resíduos da construção e demolição de Mossoró, existe um grande volume de resíduos domiciliares juntamente com os RCC. Tal prática parece ser bastante comum, apesar da existência de coleta periódica de resíduos sólidos urbanos por parte da prefeitura do município. Isso ocorre principalmente porque não existe um isolamento e controle dessa área, facilitando o descarte clandestino, a presença de catadores e a ocorrência de queimadas (MOSSORÓ; START, 2016).

Por meio da Figura 15, identificou-se o aterramento de uma parte dos resíduos localizados na Piçarreira Chico Mendes. Através da ferramenta de medição de volume foi possível estimar a capacidade restante do referido local, chegando à conclusão de que aproximadamente 6.700 m³ de resíduos ainda podem ser aterrados. Também verificou-se a retirada de material granular da área estudada, no entanto, não se sabe qual o destino final desse material.

Figura 15 – Piçarreira Chico Mendes

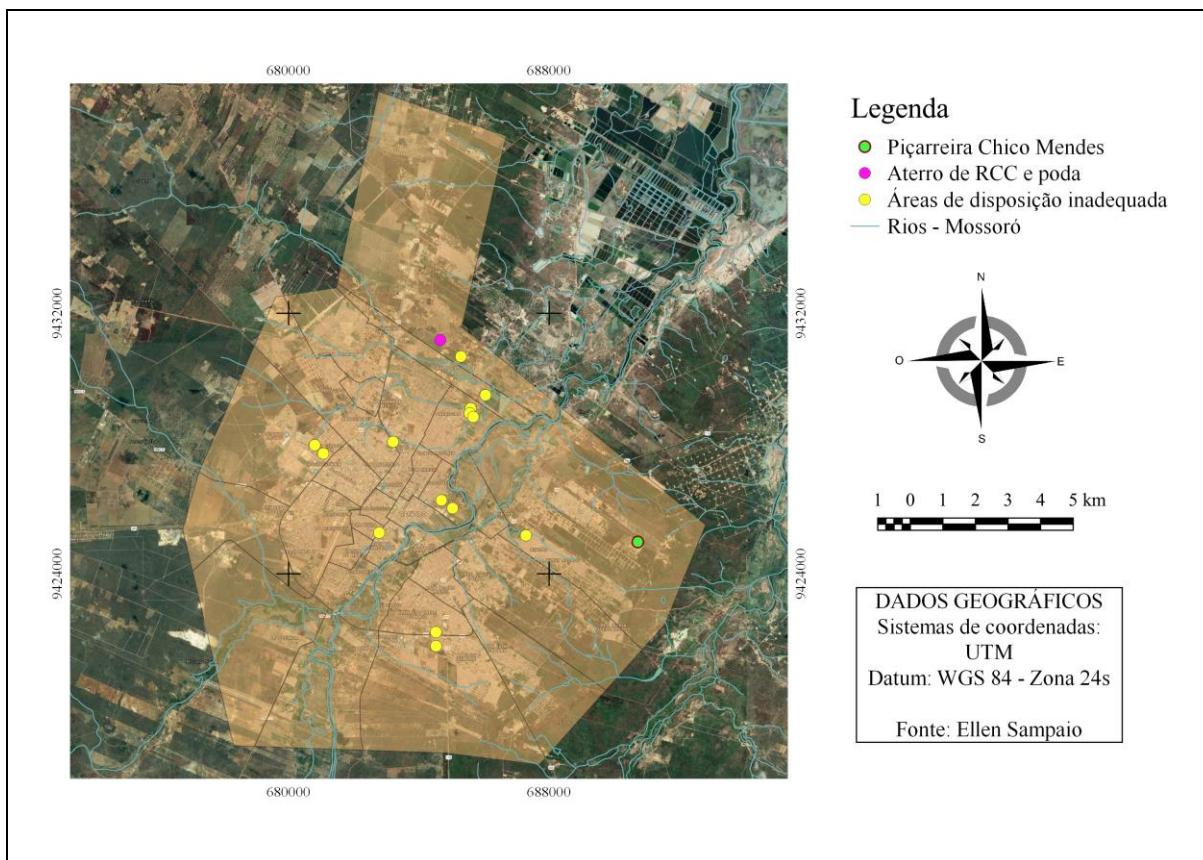


1 a 16 (identificação de áreas com disposição de resíduos).

Fonte: Autoria própria (2019).

Da análise da Figura 16, é possível constatar que alguns pontos estão situados próximos ao Rio Apodi-Mossoró, podendo ocasionar grandes impactos aos cursos d'água, como o assoreamento, ou ainda sua contaminação devido a substâncias perigosas presentes nos resíduos, como metais pesados.

Figura 16 – Proximidade dos pontos de descarte inadequado de resíduos da construção civil com os rios de Mossoró-RN



RCD (resíduos de construção e demolição).

Fonte: Autoria própria (2019).

De acordo com a NBR 15.113, que trata das diretrizes para projeto, implantação e operação de aterros (ABNT, 2004), deve-se estabelecer procedimentos para a proteção das águas superficiais, obedecendo as zonas de proteção previstas para os corpos d'água. Também deve-se prever a implantação de sistemas de drenagem que impeçam a entrada de águas precipitadas nas adjacências e o carreamento de resíduos para fora do aterro. Além disso, o aterro deve possuir um sistema de monitoramento de águas subterrâneas, para o aquífero que seja mais próximo da superfície. Esse sistema pode ser dispensado para aterros de pequeno porte ou a critério do órgão ambiental responsável.

As menores distâncias medidas do aterro de RCC e poda e da Piçarraireira Chico Mendes (áreas reconhecidas pela prefeitura de Mossoró para disposição dessa tipologia de resíduos) até o Rio Apodi-Mossoró, foram aproximadamente 3 e 5 km. Portanto, essas áreas estão em conformidade com as diretrizes presentes no Anexo II do Plano diretor de Mossoró, referentes às áreas especiais de preservação ambiental (PMM, 2006).

4.3 Diretrizes para elaboração de políticas públicas

Existe uma grande possibilidade das áreas de disposição inadequada de resíduos da construção civil permanecerem ou até mesmo aumentarem, uma vez que, o município em questão possui apenas duas áreas reconhecidas pela prefeitura para descarte desses resíduos. Diante do exposto, faz-se necessário a criação de uma lei municipal para subsidiar o gerenciamento de RCC, além de maior fiscalização sobre as empresas responsáveis por parte do gerenciamento dos resíduos, sobretudo, pelo transporte, tratamento e disposição final desses resíduos.

No plano setorial de limpeza urbana e manejo dos resíduos sólidos de Mossoró são estabelecidos como objetivos a curto prazo: i) a realização de diagnósticos das áreas degradadas e contaminadas, de forma a recuperá-las; ii) a implantação de uma unidade de beneficiamento de resíduos da construção civil; e iii) o aumento da fiscalização sobre os RCC, no que se refere aos caçambeiros e empresas responsáveis (MOSSORÓ; START, 2016).

Para implantação da unidade de tratamento de RCC de Mossoró, está prevista uma área de 20.000 m² e um equipamento industrial que possui capacidade de processamento de 25 t.h⁻¹ de resíduos (MOSSORÓ; START, 2016). No entanto, de acordo com os levantamentos realizados, a área total ocupada por RCC é de aproximadamente 110.455,65 m², quase 6 vezes mais que a capacidade da área prevista para a unidade de tratamento.

No plano municipal de saneamento básico de Mossoró é previsto, como uma das principais propostas para o eixo de resíduos sólidos, a modernização dos instrumentos de controle e fiscalização, através da utilização de tecnologia de informação (MOSSORÓ; START, 2016). Como alternativa pode-se citar a metodologia proposta neste trabalho, com o uso de VANT, em locais estratégicos, para fiscalização por meio de imagens aéreas.

5 CONCLUSÃO

Por meio desta pesquisa foi verificada a viabilidade técnica de utilização de veículos aéreos não tripulados para a modernização e otimização dos instrumentos de controle e fiscalização de áreas de disposição de resíduos da construção civil. A partir do desenvolvimento do presente trabalho, foi possível concluir que:

- a metodologia proposta, embora aplicada ao caso de estudo em Mossoró-RN, possui caráter abrangente, uma vez que pode ser replicada para outras áreas de estudo, em localidades diversas;
- a técnica computacional utilizada para geração dos ortomosaicos, referentes às áreas de disposição de resíduos, é bastante eficiente, uma vez que produziu imagens com alta resolução espacial, permitindo, dessa forma, a delimitação das áreas que realmente haviam incidência de resíduos;
- necessidade da elaboração de soluções para a problemática em pauta, visto o elevado volume de resíduos da construção civil disposto inadequadamente;
- necessidade de um melhor gerenciamento da tipologia de resíduos em estudo e criação de lei municipal baseada na norma brasileira NBR 15.112 (ABNT, 2004), que define diretrizes para implantação de locais de triagem de resíduos, com o intuito de reduzir a disposição final inadequada;
- implantação de uma unidade de tratamento de resíduos da construção civil, com capacidade maior que a prevista no plano municipal de saneamento básico do município de Mossoró-RN;
- os bairros com maior volume acumulado de resíduos da construção civil é o Rincão, seguido do Santa Júlia e Paredões, perfazendo um total de 37.363,88 m³.

Como sugestão para trabalhos futuros, pode-se citar a utilização de VANT com outros parâmetros técnicos de voo, para obtenção de imagens mais detalhadas, de forma a realizar a caracterização dos resíduos e avaliação dos impactos causados devido ao seu descarte irregular. Também seria de grande valia a realização de novas pesquisas com o intuito de avaliar o uso dessa tecnologia em comparação com outros métodos convencionais de fiscalização.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. Instrução Suplementar E94.503-001A. **Emissão de Certificado de Autorização de Voo Experimental para Aeronaves Remotamente Pilotadas**. 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is>. Acesso em: 15 out. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. Instrução Suplementar E94-001B. **Autorização de Projeto de Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada - Procedimentos Gerais**. 2019. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is>. Acesso em: 15 out. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. Instrução Suplementar E94-002A. **Autorização de Projeto de Sistema de Aeronave Remotamente Pilotada - RPAS - Requisitos Técnicos**. 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is>. Acesso em: 15 out. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. Instrução Suplementar E94-003A. **Procedimentos para elaboração e utilização de avaliação de risco operacional para operadores de aeronaves não tripuladas**. 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/iac-e-is/is>. Acesso em: 15 out. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL – ANAC. Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial nº 94. **Requisitos Gerais para Aeronaves não Tripuladas de uso Civil**. 2017. Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/legislacao/legislacao-1/rbha-e-rbac/rbac>. Acesso em: 15 out. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE AVIAÇÃO CIVIL. **Orientações para usuários de drones**. Assessoria de Comunicação Social – ASCOM. 1º edição, mai. 2017. Disponível em: https://www.anac.gov.br/assuntos/paginas-tematicas/drones/orientacoes_para_usuarios.pdf. Acesso em: 15 ago. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Portaria nº 465, de 22 de agosto de 2007, aprova a Norma nº 01/2007, anexa a esta Portaria, que estabelece os procedimentos operacionais necessários ao requerimento para a execução do Serviço Especial para fins Científicos ou Experimentais. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/normas-do-mc/456-portaria-465>. Acesso em: 15 out. 2019.
- AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Resolução nº 242, de 30 de novembro de 2000, aprova o Regulamento para Certificação e Homologação de Produtos para Telecomunicações. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2000/129-resolucao-242>. Acesso em: 15 out. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Resolução nº 635, de 9 de maio de 2014, aprova o Regulamento sobre Autorização de Uso Temporário de Radiofrequências. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2014/764-resolucao-635>. Acesso em: 15 out. 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE TELECOMUNICAÇÕES – ANATEL. Resolução nº 680, de 29 de junho de 2017, aprova o Regulamento sobre Equipamentos de Radiocomunicação de Radiação Restrita e altera o Regulamento dos Serviços de Telecomunicações, o Regulamento de Gestão de Qualidade do Serviço de Comunicação Multimídia, o Regulamento do Serviço de Comunicação Multimídia e o Regulamento do Serviço Limitado Privado. Disponível em: <https://www.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2017/936-resolucao-680>. Acesso em: 15 out. 2019.

AGISOFT METASHAPE. Processamento fotogramétrico de imagens digitais e geração de dados espaciais em 3D. Disponível em: <https://www.agisoft.com/>. Acesso em: 5 out. 2019.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; Sparovek, G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, p. 711-728, 2013.

ALVES JÚNIOR, L. R. **Análise de produtos cartográficos obtidos com câmera digital não métrica acoplada a um Veículo Aéreo Não Tripulado em áreas urbanas e rurais no Estado de Goiás**. 2015. 114 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Estudos, Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 2015. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/handle/tede/4952>. Acesso em: 11 ago. 2019.

ANGULO, S. C. **Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos**. 236 p. 2005. Tese (Doutorado em engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-18112005-155825/pt-br.php>. Acesso em: 12 set. 2019.

ÂNGULO, S. C.; TEIXEIRA, C. E.; CASTRO, A. L. de; NOGUEIRA, T. P. Resíduos de construção e demolição: avaliação de métodos de quantificação. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 16, n. 3, jul./set. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 10.004. Resíduos sólidos – classificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. Disponível em: <https://analiticaqmcresiduos.paginas.ufsc.br/files/2014/07/Nbr-10004-2004-Classificacao-De-Residuos-Solidos.pdf>. Acesso em: 5 set. 2019.

BOHNENBERGER J. C.; PIMENTA, J. F. de P.; ABREU, M. V. S.; COMINI, U. B.; CALIJURI, M. L.; MORAES, A. P. de; PEREIRA, I. da S. Identificação de áreas para implantação de usina de reciclagem de resíduos da construção e demolição com uso de análise multicritério. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 299-311, jan./mar. 2018.

BRASIL. Comando da Aeronáutica. Portaria nº 913/GC3, de 21 de setembro de 2009. Reformula o Sistema de Controle do Espaço Aéreo Brasileiro. **Diário Oficial [da] República**

Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 21 set. 2009. Disponível em: http://www.lexmagister.com.br/doc_3689977_PORTARIA_N_913_GC3_DE_21_DE_SETE_MBRO_DE_2009.aspx. Acesso em: 12 ago. 2019.

BRASIL. Lei nº 11.182, de 27 de setembro de 2005. Cria a Agência Nacional de Aviação Civil – ANAC, e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 27 set. 2005. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11182.htm. Acesso em: 12 set. 2019.

BRASIL. Ministério da Defesa. Gabinete do ministro. Portaria normativa nº 606/MD, de 11 de junho de 2004. Dispõe sobre a Diretriz de Obtenção de Veículos Aéreos Não Tripulados e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 jul. 2002. Disponível em: jusbrasil.com.br/diarios/613155/pg-8-secao-1-diario-oficial-da-uniao-dou-de-14-06-2004/pdfView. Acesso em: 5 set. 2019.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente (MMA). Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 jul. 2002. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf. Acesso em: 15 set. 2019.

BRASIL. Política Nacional dos Resíduos Sólidos. Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 2 ago. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm. Acesso em: 12 ago. 2019.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. *Cerâmica* 61, p. 178-189, 2015.

BRAZ, A. M.; BORGES, J. P. S.; BERNARDES, D. C. S.; TEREZAN, L. H. **Análise da aplicação de VANT na atualização de cadastro florestal com uso de pontos de controle**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE. Disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0545.pdf>. Acesso em: 12 set. 2019.

BUFFON, E.; SAMPAIO, T. V. M.; PAZ, O. Veículo aéreo não tripulado (VANT) – aplicação na análise de inundações em áreas urbanas. **Revista de Geografia e Ordenamento do Território (GOT)**, n. 13, p. 85-108, jun. 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/326090882_Veiculo_aereo_nao_tripulado_VANT_-_aplicacao_na_analise_de_inundacoes_em_areas_urbanas. Acesso em: 15 set. 2019.

COSTA, N.; COSTA JR., N.; LUNA, M.; SELIG, P.; ROCHA, J. Planejamento de programas de reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: uma análise multivariada. **Engenharia sanitária e ambiental**, vol. 12, n. 4, p. 446-456, out./dez., 2007.

COSTA, R. V. DA; ATHAYDE JÚNIOR, G.B.; OLIVEIRA, M. M. DE. Taxa de geração de resíduos da construção civil em edificações na cidade de João Pessoa. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 127-137, jan./mar. 2014.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO – DECEA. ICA 100-12 - Regras do Ar.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO – DECEA. ICA 100-37 - Serviços de Tráfego Aéreo.

DEPARTAMENTO DE CONTROLE DO ESPAÇO AÉREO – DECEA. ICA 100-40 - Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro.

DEUS, R. A. S.; RAMOS, R. P.; ALEXANDRE, F. S.; GOMES, D. D. M. **O uso de veículos aéreos não tripulados (VANT) para geração de dados geocartográficos na Universidade de Pernambuco – Campus Garanhuns**. In: XVII Simpósio brasileiro de geografia física aplicada. Campinas, SP, 2017.

DroneDeploy. **O software líder em drones que eleva o seu negócio**. 2019. Disponível em: <https://www.dronedeploy.com/>. Acesso em: 10 out. 2019.

DURAN, X.; LENIHAN, H.; O'REGAN, B. A model for assessing the economic viability of construction and demolition waste recycling—the case of Ireland. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 46, n.3, p. 302-320, mar. 2006.

FERREIRA, A. R.; CAMACHO, R. G. V.; ALCÂNTARA NETO, A. Q. Avaliação e diagnóstico ambiental dos resíduos sólidos gerados no município de Mossoró-RN. **GEO temas**, v. 2, n. 2, p. 55-67, jul./dez. 2012.

GOOGLE EARTH PRO. Explore as vantagens dos recursos avançados de importação de dados GIS. Disponível em: <https://www.google.com.br/earth/download/gep/agree.html>. Acesso em: 11 ago. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Brasil em síntese**. 2010. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>. Acesso em: 20 set. de 2019.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Brasil em síntese**. 2018. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/mossoro/panorama>. Acesso em: 25 de set. de 2019.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos da Construção Civil 2012**. Disponível em: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120911_relatorio_construcao_civil.pdf. Acesso em: 18 ago. 2019.

KOPPE, G. E. As possibilidades de utilização do veículo aéreo não tripulado (VANT) no exército brasileiro. Informativo Antiaéreo (2º semestre de 2007). Rio de Janeiro: 1ª Brigada de Artilharia Antiaérea e Escola de Artilharia de Costa Antiaérea, 2008. Disponível em: <https://pt.calameo.com/read/002492971f586f4a87c35>. Acesso em: 5 nov. 2019.

LONGHITANO, G. A. **VANTS para sensoriamento remoto: aplicabilidade na avaliação e monitoramento de impactos ambientais causados por acidentes com cargas perigosas**. 2010. 163 p. Dissertação (Mestrado em engenharia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3138/tde-10012011-105505/pt-br.php>. Acesso em: 12 ago. 2019.

LOPES, T. S. F. **Análise da aplicabilidade de sistema mini-VANT comercial no diagnóstico da geração de resíduos de desastres no Brasil**. 2018. 122 p. Dissertação (Mestrado em ambiente, saúde e sustentabilidade) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/6/6139/tde-20082018-141639/publico/TitoSouzaFilippoLopes_MTR_CORRIGIDA.pdf. Acesso em: 12 out. 2019.

MEDEIROS, F. A.; ALONÇO, A. S.; BALESTRA, M. R. G.; DIAS, V. O.; LANDERHAL JÚNIOR, M. L. Utilização de um veículo aéreo não-tripulado em atividades de imageamento georreferenciado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.8, p. 2375-2378, nov., 2008.

MELLO, C. C. S.; SALIM, D. H. C.; TEIXEIRA, L. P. T. **Uso de VANT como ferramenta auxiliar na gestão integrada de aterros sanitários**. In: IX Simpósio Brasileiro de Engenharia Ambiental, XV Encontro Nacional De Estudantes de Engenharia Ambiental E III Fórum Latino Americano de Engenharia e Sustentabilidade, 11., 2017, Belo Horizonte. Anais Belo Horizonte: SBEA, 2017. Disponível em: <https://www.proceedings.blucher.com.br/article-details/uso-de-vant-como-ferramenta-auxiliar-na-gestao-integrada-de-aterros-sanitarios-27459>. Acesso em: 12 set. 2019.

MELO, R. R. S. DE; COSTA, D. B. **Uso de veículo aéreo não tripulado (VANT) para inspeção de logística em canteiros de obra**. In: Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção (SIBRAGEC) e Encontro Latinoamericano de Gestión y Economía de la Construcción (ELAGEC). São Carlos – SP: 2015. Disponível em: <https://docplayer.com.br/19646963-Uso-de-veiculo-aereo-nao-tripulado-vant-para-inspecao-de-logistica-em-canteiros-de-obra.html>. Acesso em: 14 set. 2019.

MENEZES, M. DE S.; PONTES, F. V. M.; AFONSO, J. C. Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição. Artigo técnico (Departamento de química analítica) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.abq.org.br/rqi/2011/733/RQI-733-pagina17-Panorama-dos-Residuos-de-Construcao-e-Demolicao.pdf>. Acesso em: 25 nov. 2019.

MESQUITA, A. S. G. Análise da geração de resíduos sólidos da construção civil em Teresina, Piauí. **HOLOS**, v. 2, ano 28, p. 58- 65, mai. 2012.

Ministério do Meio Ambiente – MMA. **54% dos municípios têm plano de resíduos sólidos**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/informma/item/15166-54-dos-munic%C3%ADpios-t%C3%AAm-plano-de-res%C3%ADuos.html>. Acesso em: 15 set. 2019.

MIRANDA, L. F. R.; ANGULO, S. C.; CARELI, E. D. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./ mar. 2009.

MOUTINHO, O. **Evaluation of Photogrammetric Solutions for RPAS: Commercial vs Open Source**. 2015. 120f. Dissertação (Mestrado) – Engenharia Geográfica, Universidade Do Porto, Porto, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/2a9b/7580ebfc71c2e0e52bf130ff00fde02783bb.pdf>. Acesso em: 5 set. 2019.

NBR 13.221. **Transporte terrestre de resíduos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2003. 4 p. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/residuos/files/2014/04/Abnt-Nbr-13221-Transporte-Terrestre-De-Residuos.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

NBR 15112. **Diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de triagem e transbordo**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 7 p. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/45317651/nbr-15112>. Acesso em: 12 ago. 2019.

NBR 15113. **Diretrizes para projeto, implantação e operação de aterros**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 12 p. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.113-RCC-e-Res%C3%ADduos-Inertes.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

NBR 15114. **Diretrizes para projeto, implantação e operação de áreas de reciclagem**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 7 p. Disponível em: <http://licenciadorambiental.com.br/wp-content/uploads/2015/01/NBR-15.114-RCC-e-%C3%81reas-de-Reciclagem.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

NBR 15115. **Procedimentos para execução de camadas de pavimentação utilizando agregados reciclados de resíduos da construção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 10 p. Disponível em: <http://www.areiaovitoria.com.br/download/NBR%2015115.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

NBR 15116. **Requisitos para utilização em pavimentos e preparo de concreto sem função estrutural com agregados reciclados de resíduos da construção**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 12 p. Disponível em: <http://areiaovitoria.com.br/download/NBR%2015116.pdf>. Acesso em: 12 ago. 2019.

OLIVEIRA, A. S. DE; SILVA, G. C. C. DA; SILVA, M. A. S; MEDEIROS, A. G. DE; GUEDES, M. J. F. **Panorama da geração de resíduos da construção civil provenientes de pequenos geradores no município de Mossoró-RN**. In: IV Congresso nacional de pesquisa e ensino em ciências – CONAPESC. Campina Grande: 2019. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV126_MD1_SA6_ID2341_21072019185431.pdf. Acesso em: 17 set. 2019.

OLIVEIRA, L. P.; AMORIM, J. S. Análise da legalidade do emprego de veículos aéreos não tripulados (VANTS) na atividade de polícia ostensiva e de preservação da ordem pública. **Revista da ordem pública e defesa social**, v. 8, n. 2, jul./ dez., 2015.

Parente, D. C. **Utilização de veículo aéreo não tripulado (VANT) na identificação de resíduos de construção civil (RCC) dispostos em locais inadequados**. 83 p. 2016.

Dissertação (Mestrado profissional em engenharia ambiental) – Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2016. Disponível em: <http://repositorio.uft.edu.br/handle/11612/364>. Acesso em: 17 set. 2019.

PINTO, T. P. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**, São Paulo, 2005. Disponível em:

http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual_Residuos_Solidos.pdf. Acesso em: 2 set. 2019.

PINTO, T. P.; GONZÁLEZ J. L. R. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil. CAIXA - Manual de orientação: como implantar um sistema de manejo e gestão nos municípios**, Brasília, 2005. Disponível em:

http://www.cuiaba.mt.gov.br/upload/arquivo/Manual_RCD_Vol1.pdf. Acesso em: 2 set. 2019.

PIX4DCAPTURE. **Aplicativo de planejamento de voo por drone, gratuito para mapeamento e modelagem 3D ideais**. Disponível em:

<https://www.pix4d.com/product/pix4dcapture>. Acesso em: 10 out. 2019. Acesso em: 2 dez. 2019.

PMM - **Prefeitura Municipal de Mossoró**. 2006. Disponível em:

<http://www.prefeiturademossoro.com.br/gedur/>. Acesso em: 3 dez. 2019.

QGIS. **Um Sistema de Informação Geográfica livre e aberto**. 2016. Disponível em:

http://www.qgis.org/pt_BR/site/. Acesso em: 03 ago. 2019.

REDE NACIONAL DE CAPACITAÇÃO E EXTENSÃO TECNOLÓGICA EM SANEAMENTO AMBIENTAL – ReCESA. **Resíduos sólidos: projeto, operação e monitoramento de aterros sanitários: guia do profissional em treinamento: nível 2/**

Ministério das Cidades. Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (org.). Belo Horizonte: ReCESA, 2008. 120 p. Disponível em:

https://mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/recesa/projetooperacaoemonitoramentodeaterrossanitarios-nivel2.pdf. Acesso em: 17 set. 2019.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Agricultura de precisão: drones**. Brasília: Senar, 2018. 84 p. il. 21 cm (Coleção Senar, 249). Disponível em:

<https://www.cnabrazil.org.br/assets/arquivos/249-DRONES.pdf>. Acesso em: 12 set. 2019.

SILVA, A. L. B.; MORAIS, P. A. R. **Análise do gerenciamento dos resíduos sólidos urbanos no município de Mossoró-RN**. In: VI congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – IBEAS. Anais - Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Porto Alegre: 2015. Disponível em:

<https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2015/III-004.pdf>. Acesso em: 10 set. 2019.

SILVA, C. A. DA; DUARTE, C. R.; SOUTO, M. V. S.; SANTOS, A. L. S. DOS; AMARO, V. E.; BICHO, C. P.; SABADIA, J. A. B. Avaliação da acurácia do cálculo de volume de pilhas de rejeito utilizando VANT, GNSS e LiDAR. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 22,

n. 1, p. 73-94, jan./mar. 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/bcg/v22n1/1982-2170-bcg-22-01-00073.pdf>. Acesso em: 15 set. 2019.

SILVA, G. G.; SOUZA, K. P.; GONÇALVES, A. B.; PISTORI, H. **Veículos aéreos não tripulados com visão computacional na agricultura: aplicações, desafios e perspectivas**. 2º Seminário internacional de integração e desenvolvimento regional. Mato Grosso do Sul, 2014.

SILVA, M. A. S.; FREITAS, D. V. DE; ALVES, D. W. M.; MEDEIROS, A. G. DE; GUEDES, M. J. F. **Aplicação de técnicas de geoprocessamento para gestão de resíduos da construção civil de pequenos geradores**. In: IV Congresso nacional de pesquisa e ensino em ciências – CONAPESC. Campina Grande: 2019. Disponível em: http://www.editorarealize.com.br/revistas/conapesc/trabalhos/TRABALHO_EV126_MD1_SA6_ID2432_20072019095828.pdf. Acesso em: 17 set. 2019.

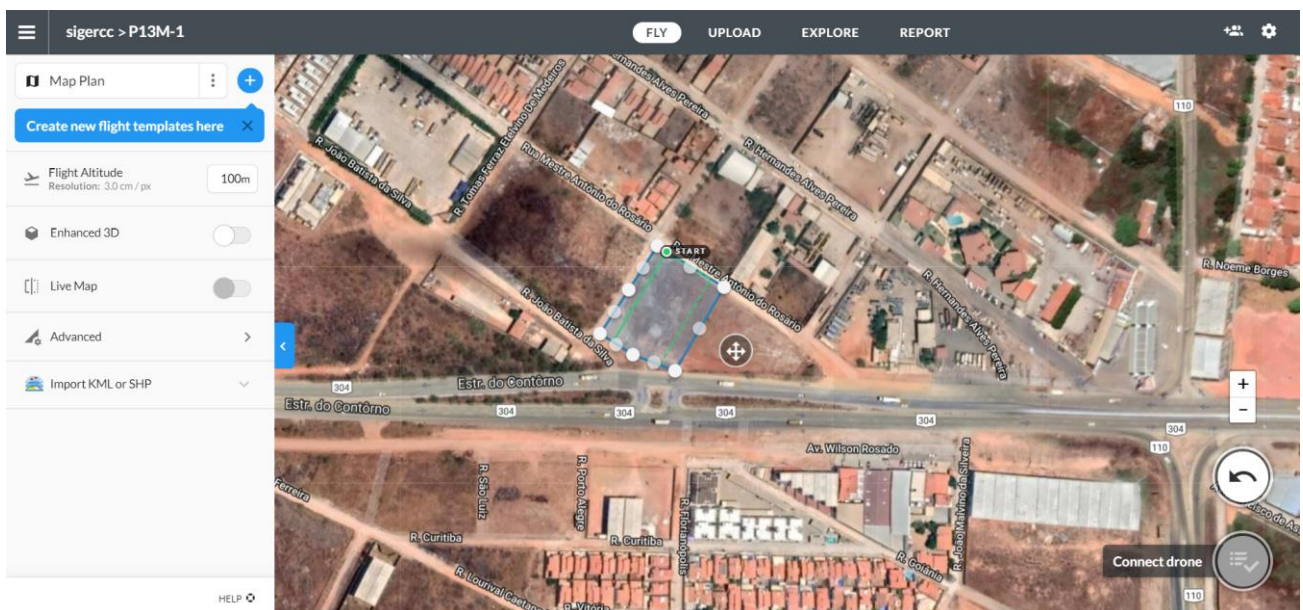
TESSARO, A. B.; SÁ, J. S. de; SCREMIN, L. B. Quantificação e classificação dos resíduos procedentes da construção civil e demolição no município de Pelotas, RS. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 121-130, abr./jun. 2012. Disponível em:

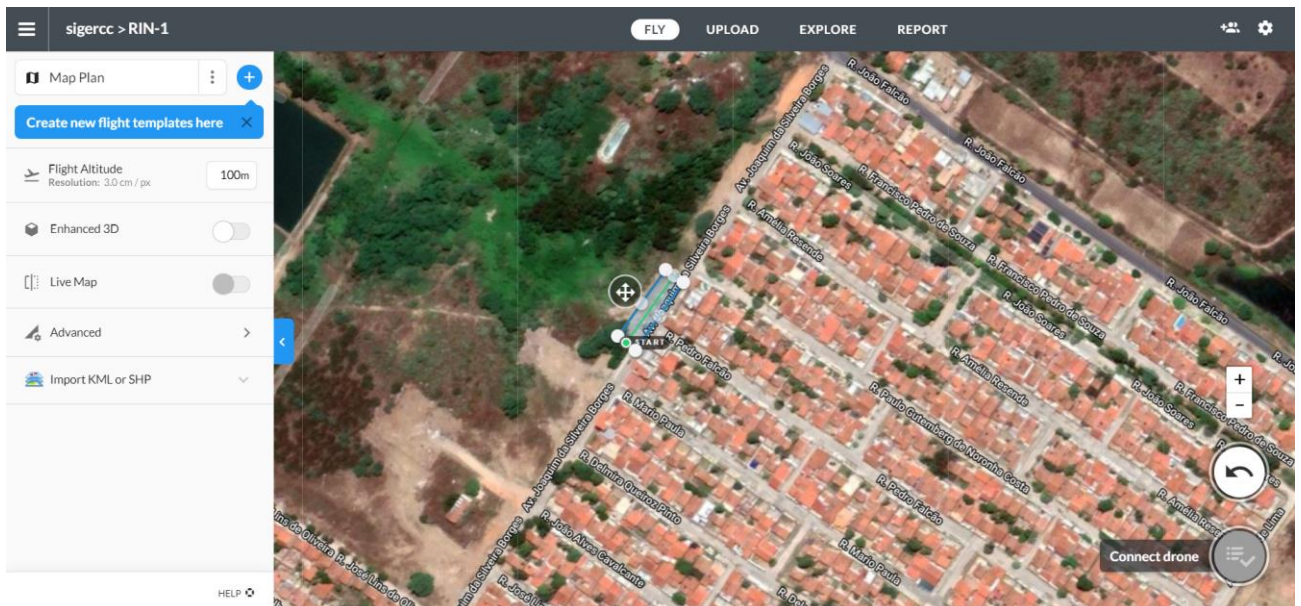
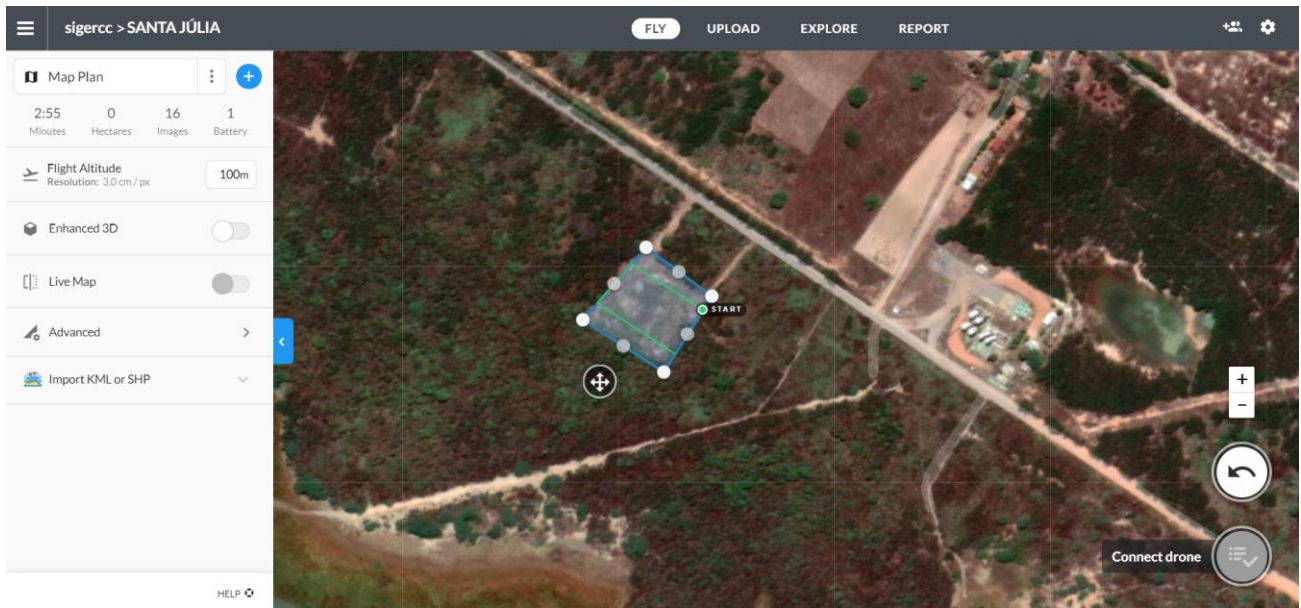
VASCONCELOS, C. R. F. **Análise do gerenciamento de resíduos da construção civil na cidade de Mossoró – RN**. 91 p. 2011. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2011. Disponível em: <http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/270/TCC%20%20BCT/TCC%20CRISLAYNE.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2019.

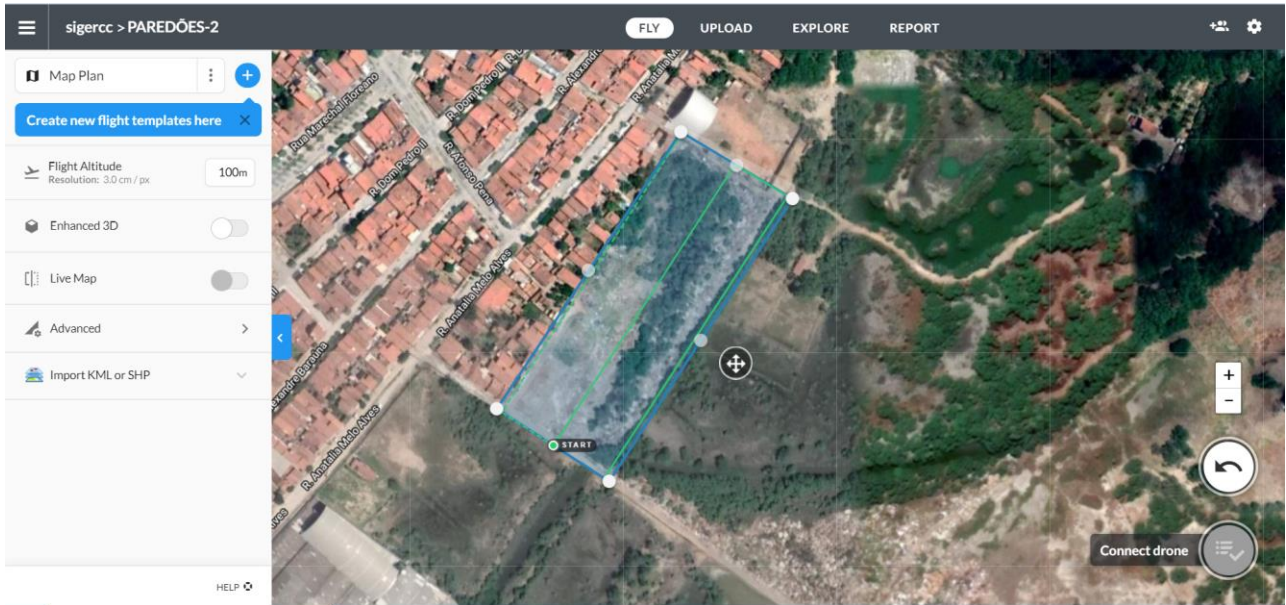
VENTURA, A. P. DE O. E. **Zoneamento dos resíduos da construção civil no município de Mossoró – RN, por meio das técnicas de geoprocessamento**. 50 p. 2017. Monografia (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

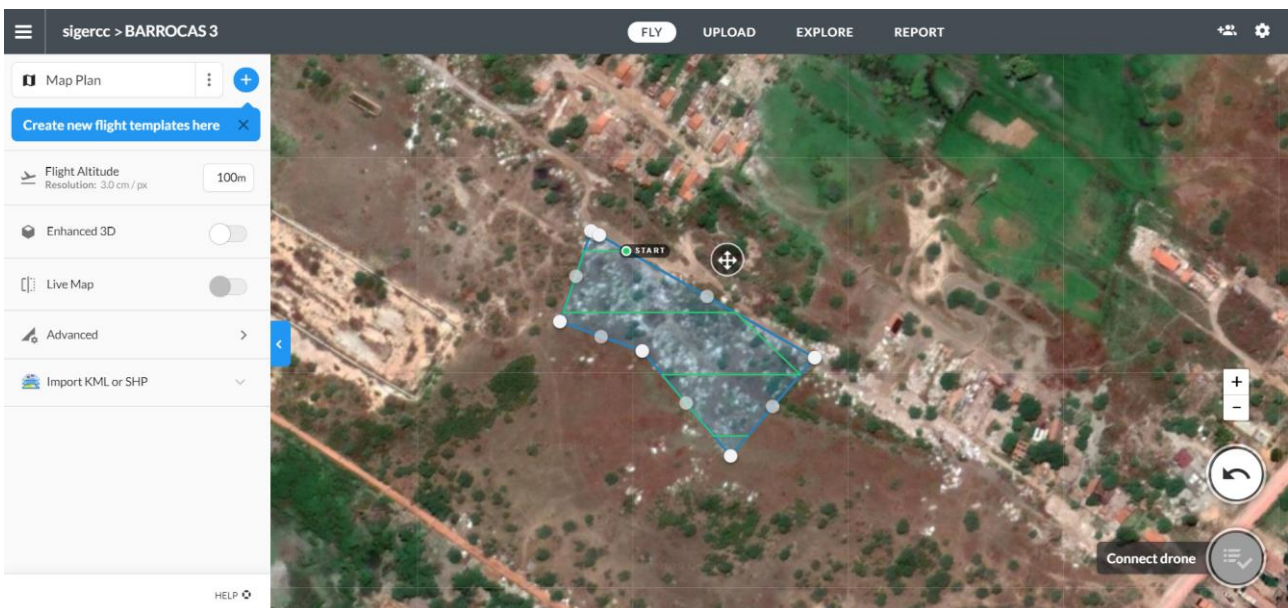
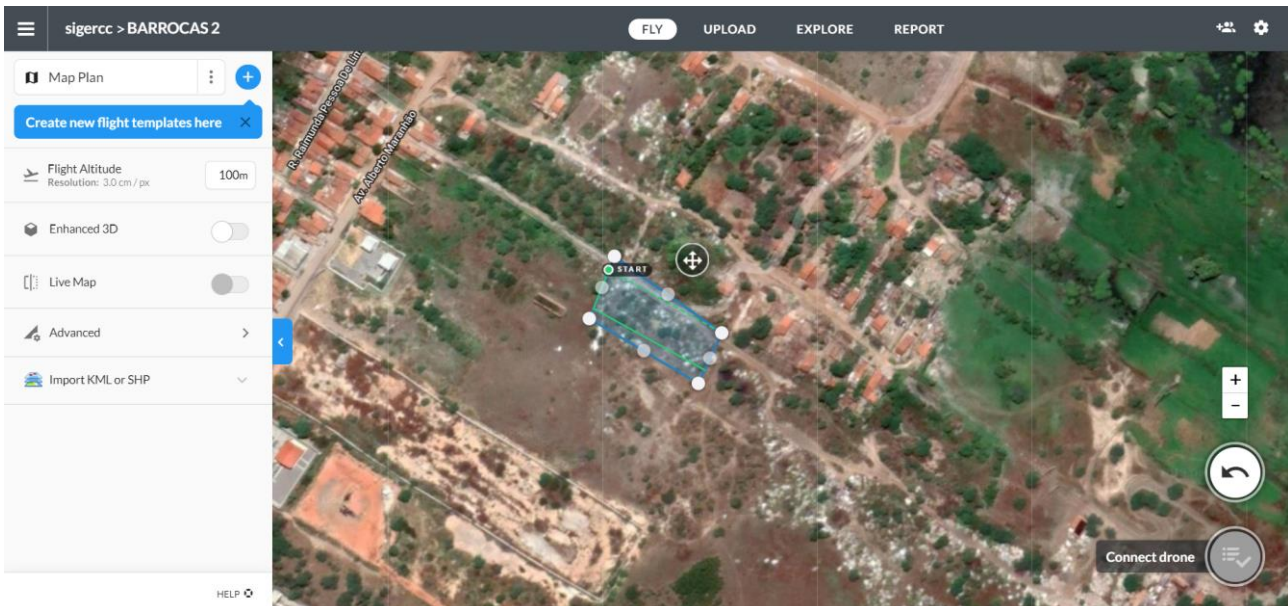
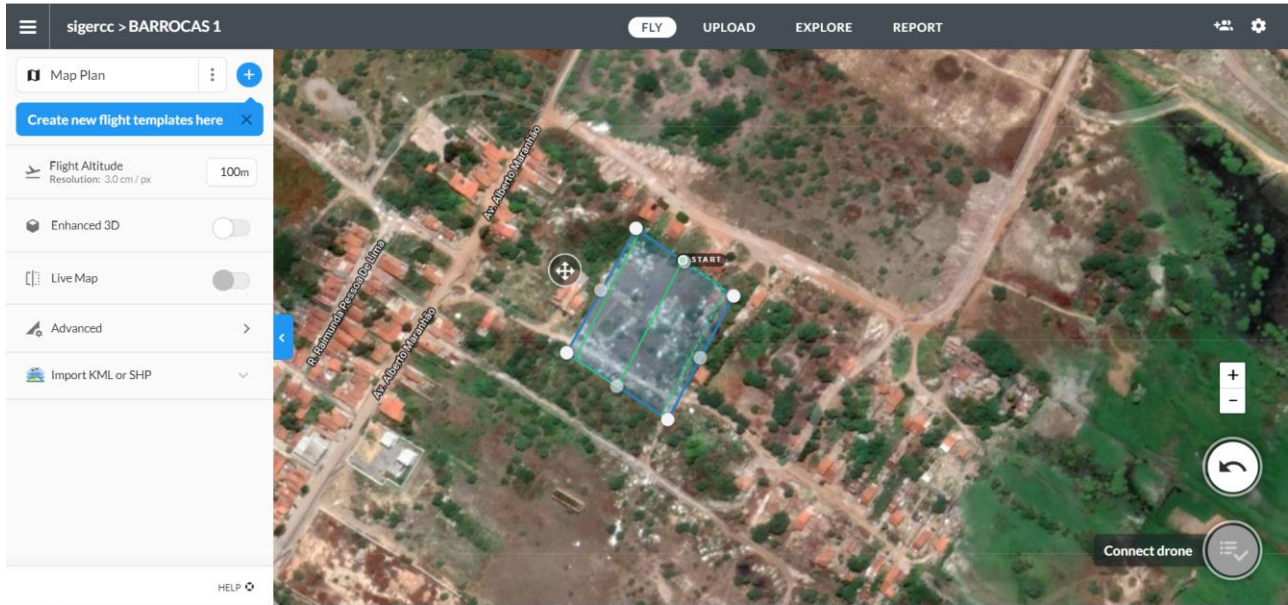
XAVIER, R. **A utilização do VANT em levantamentos ambientais**. 2013. 36 p. Artigo (Especialização em análise ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/52180/R%20-%20E%20-%20RODRIGO%20XAVIER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

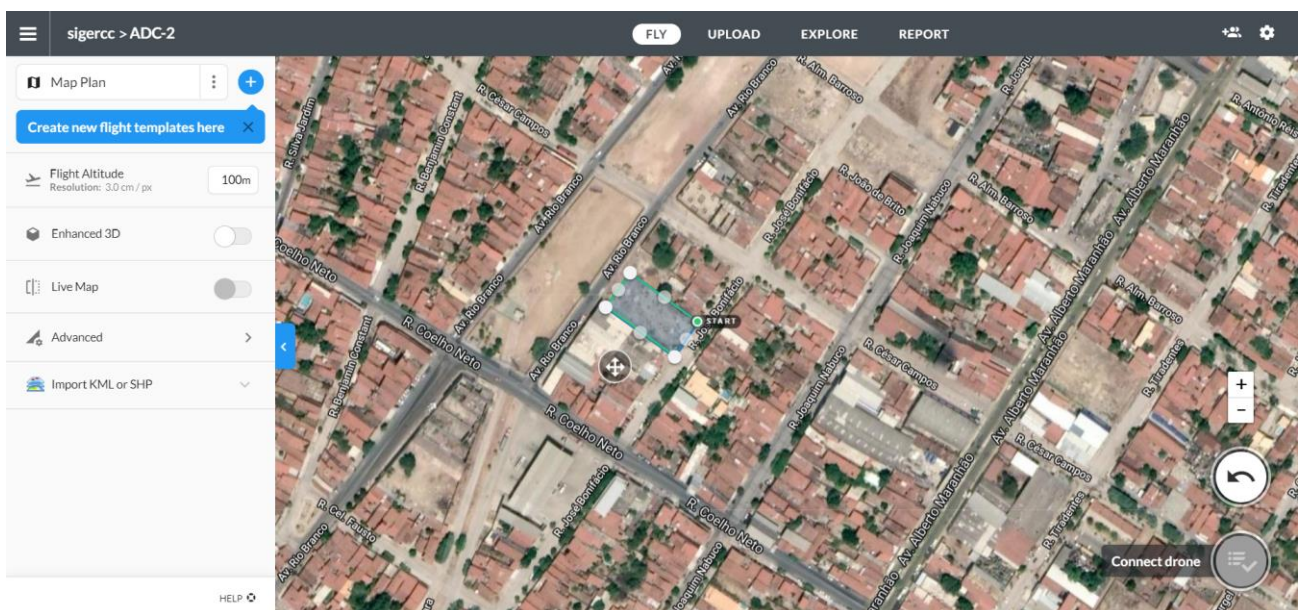
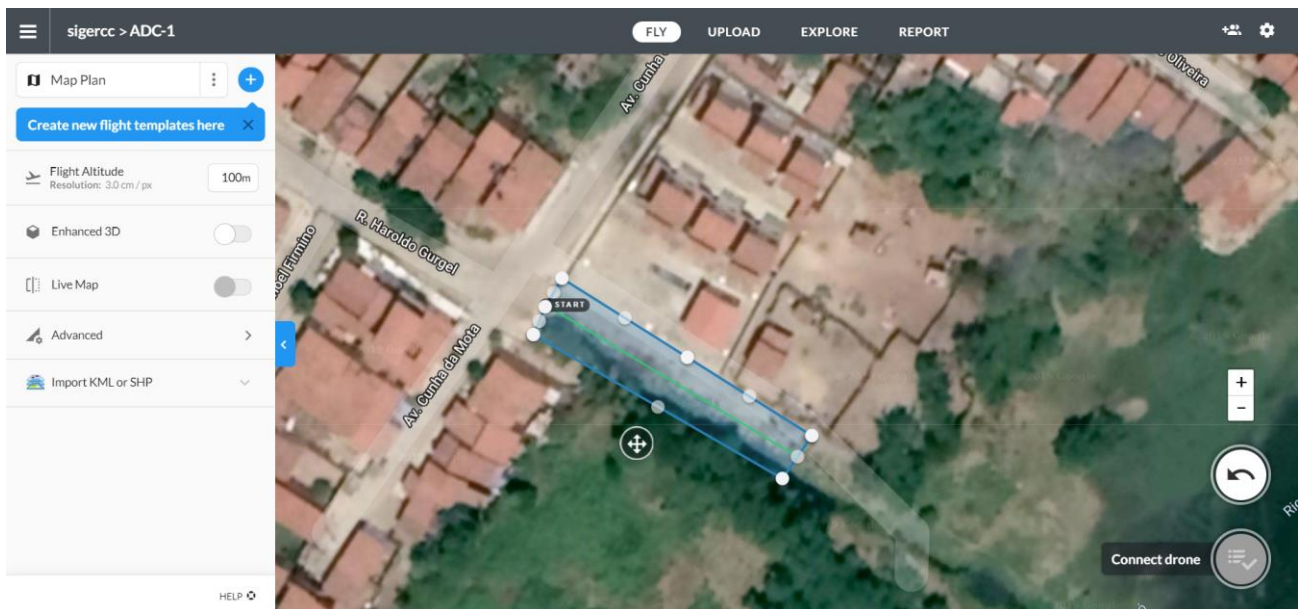
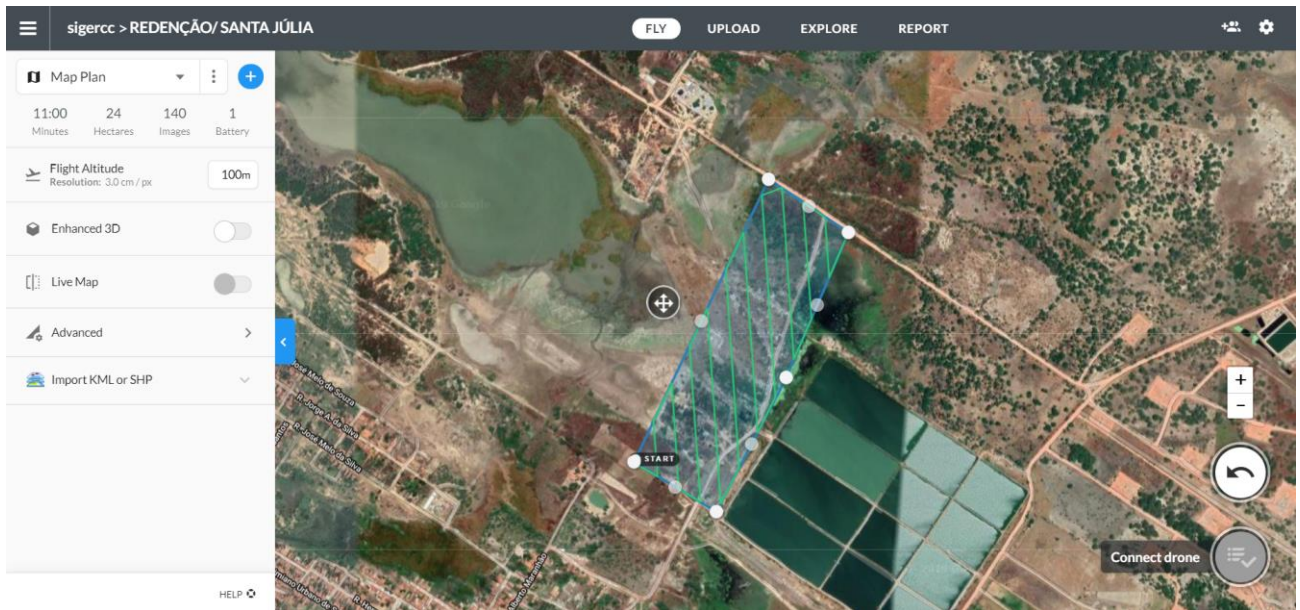
APÊNDICE A – PLANOS DE VOO

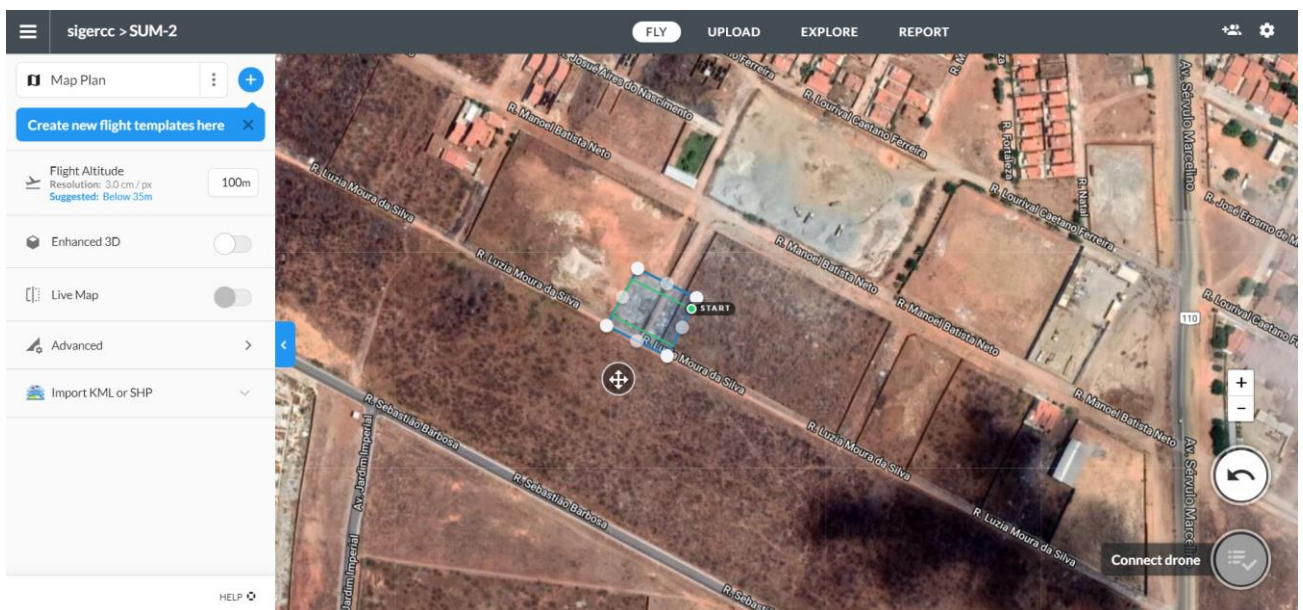
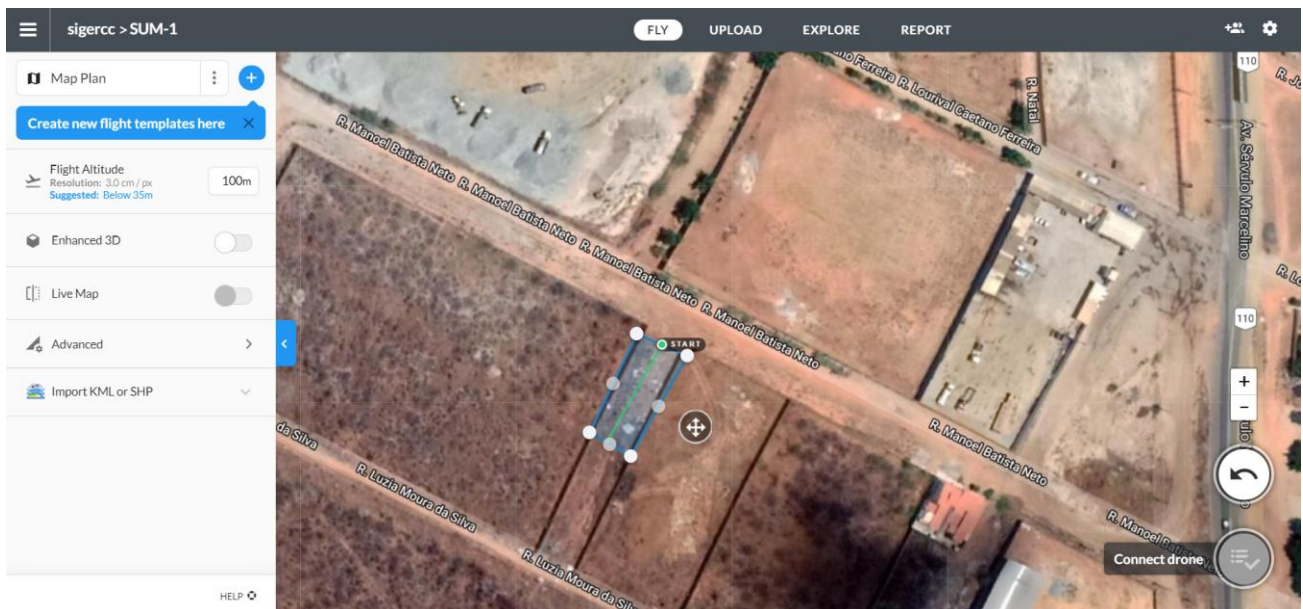
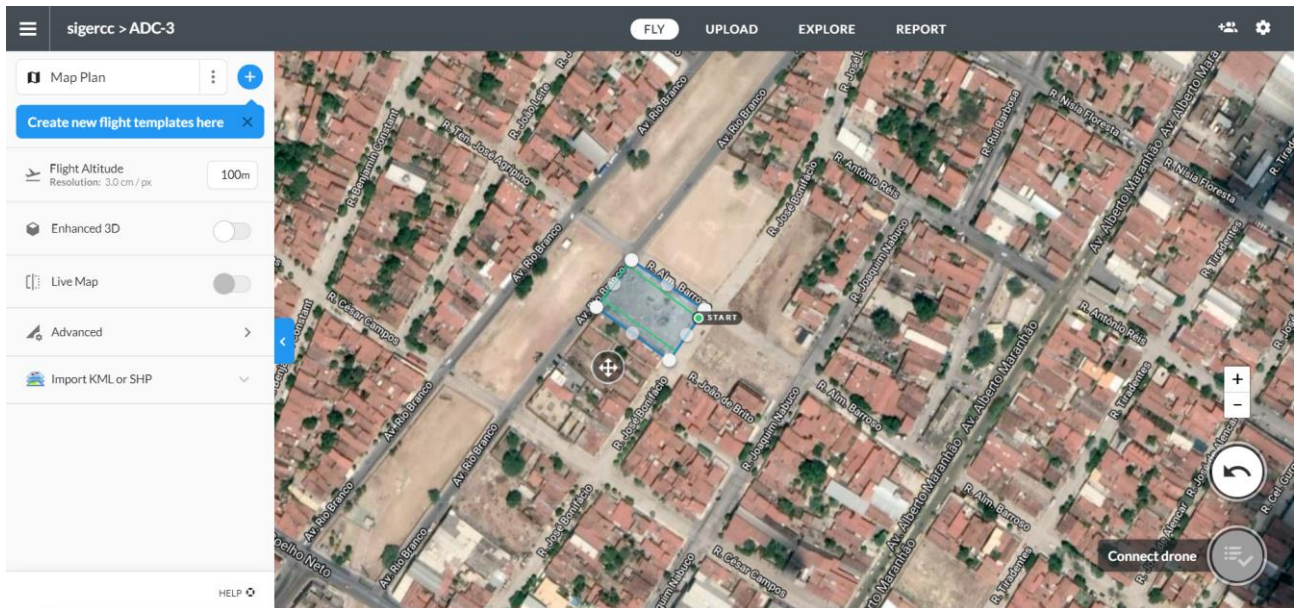


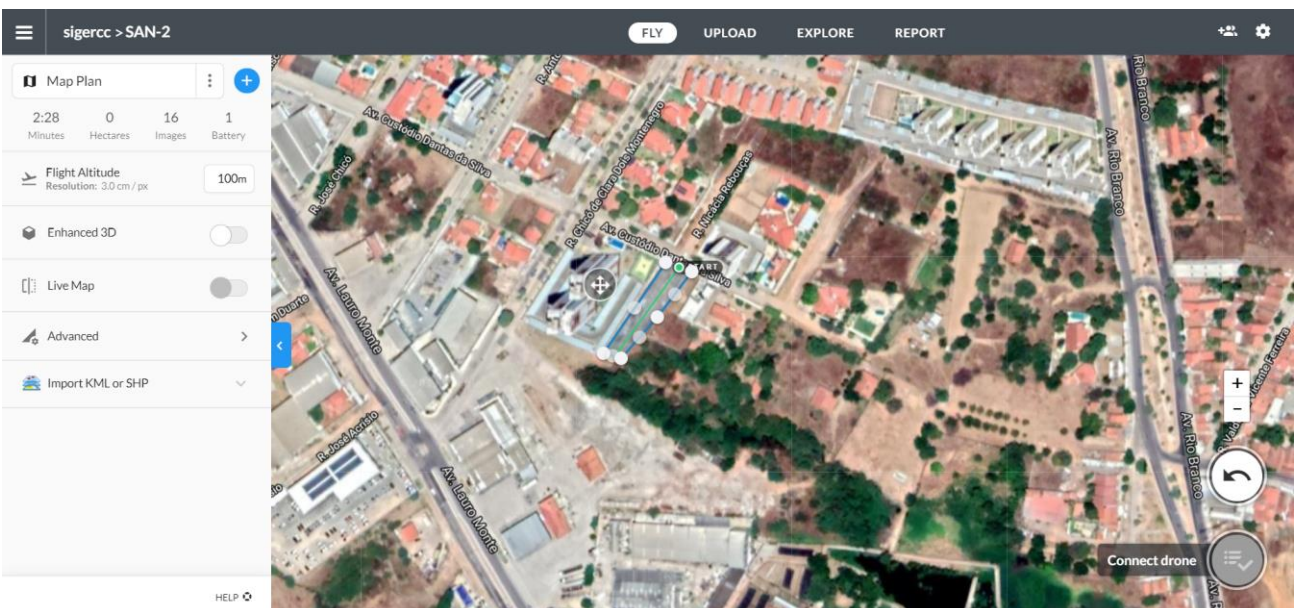
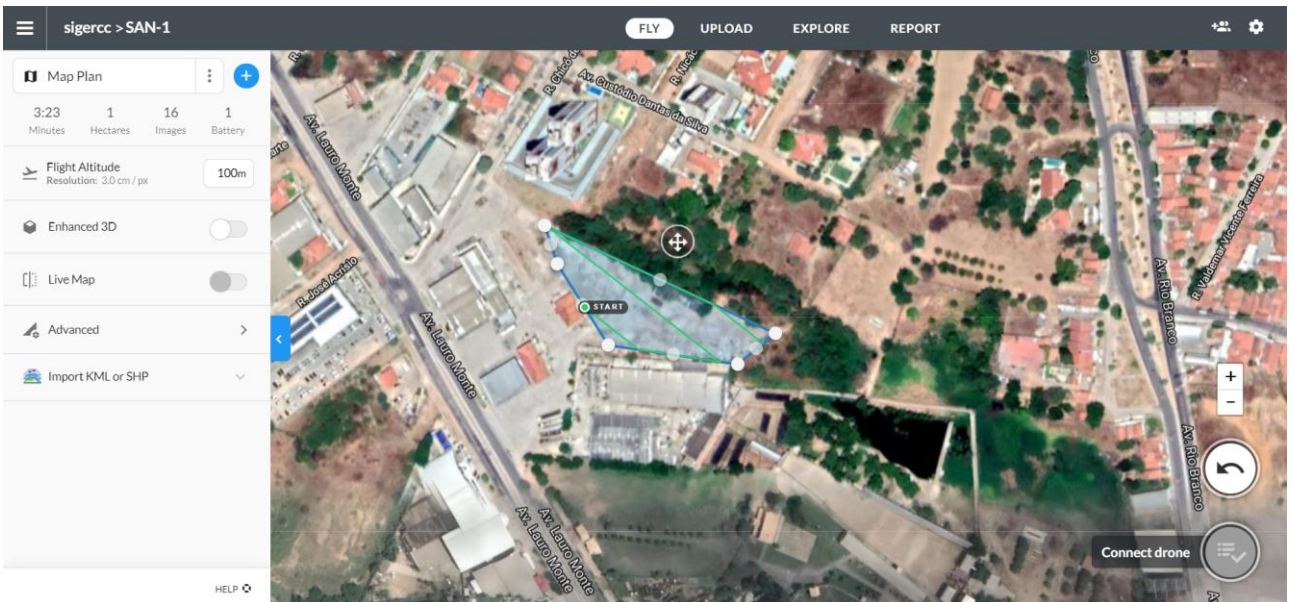
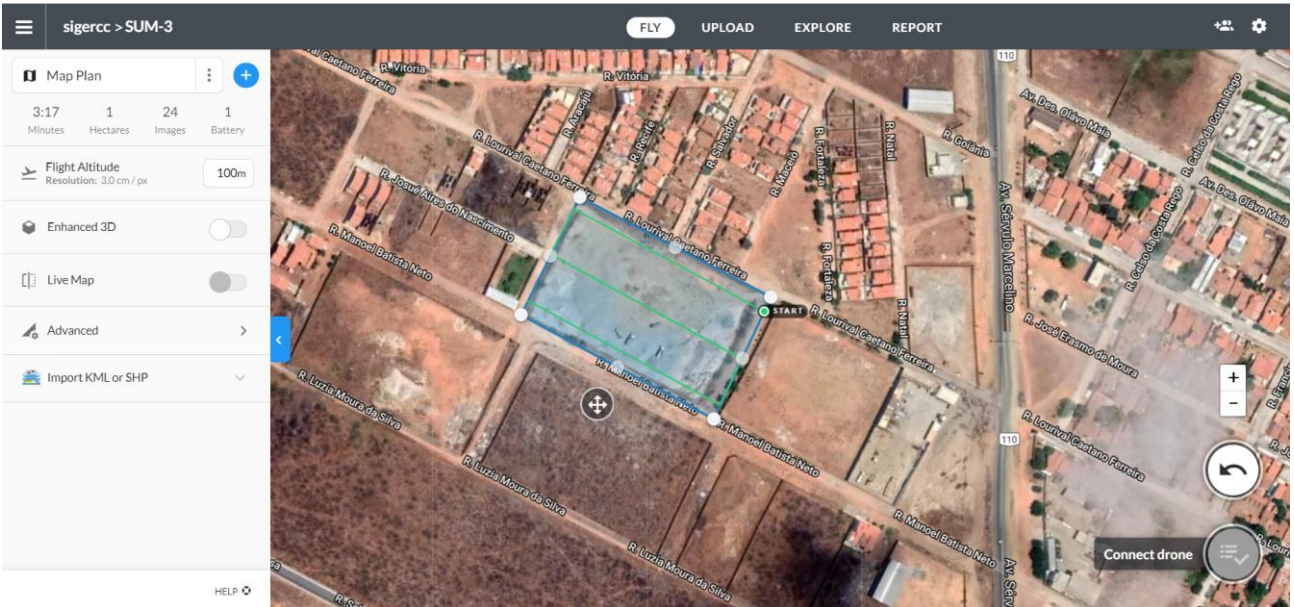






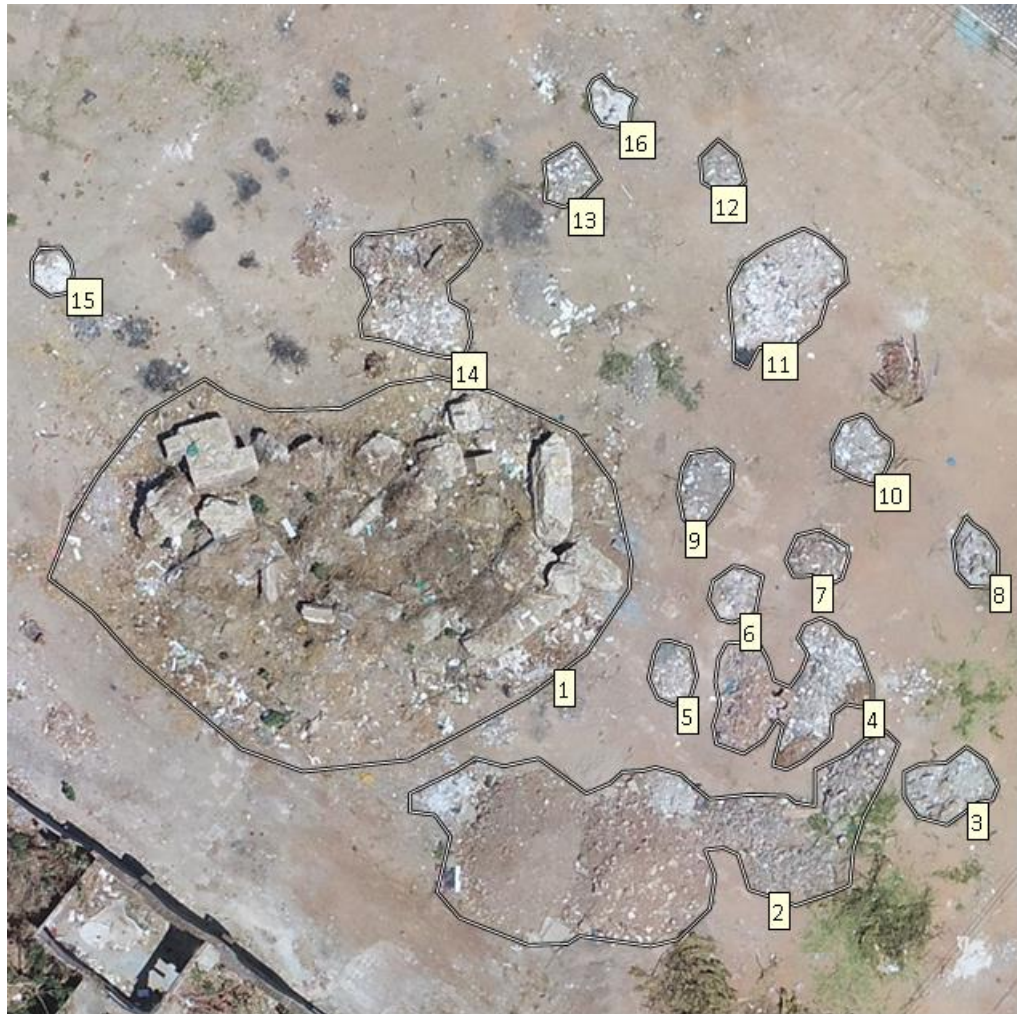






APÊNDICE B – ORTOMOSAICOS

- **Alto da Conceição**



- Aterro de RCD e poda/ Santa Júlia



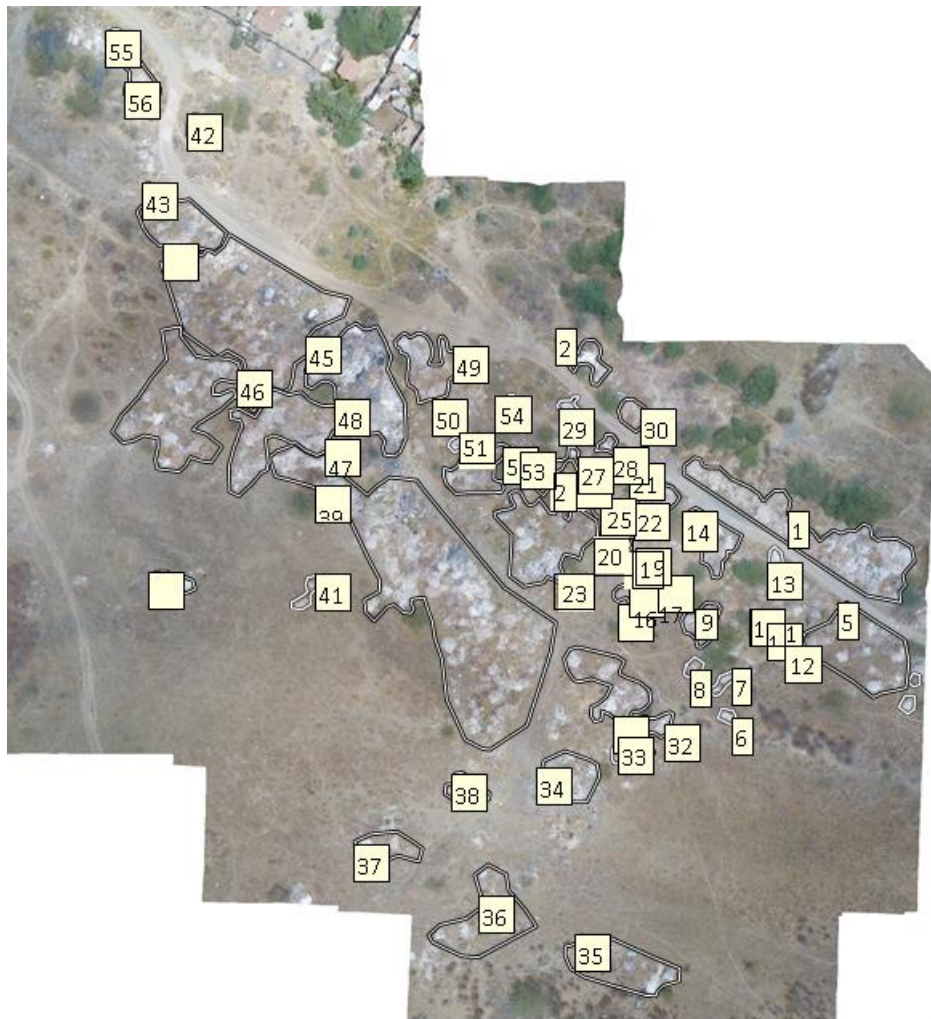
- Barrocas – 1



- Barrocas – 2



- Barrocas – 3



- **Bela Vista – 1**



- **Bela Vista – 2**



- Paredões – 1



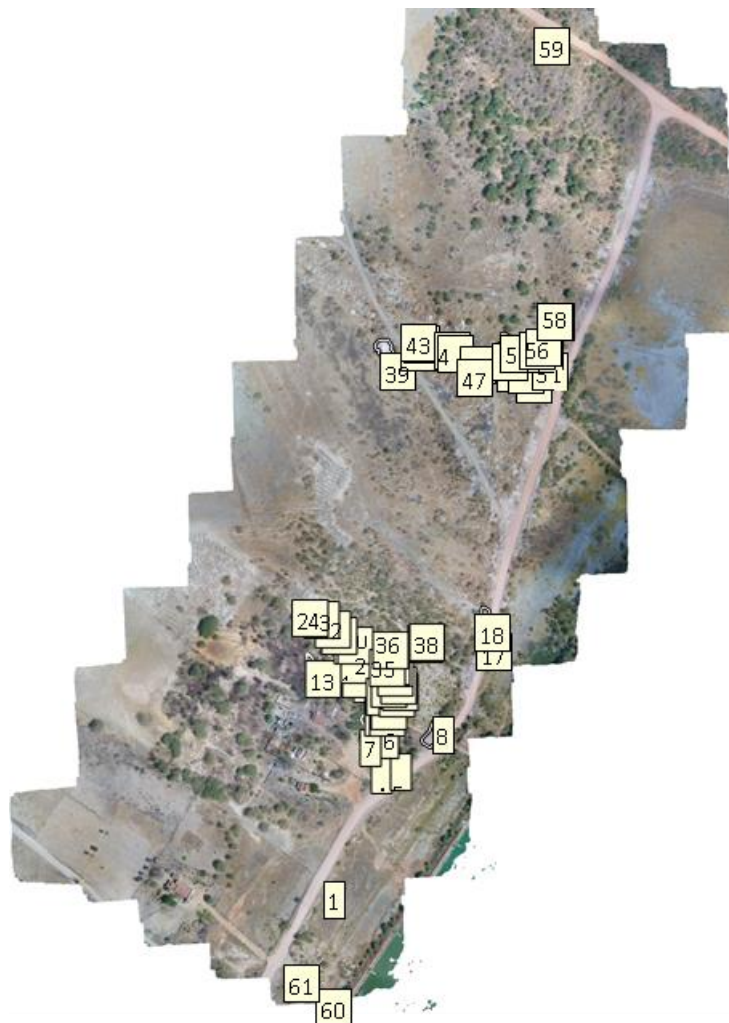
- Paredões – 2



- **Planalto 13 de Maio**



- **Redenção/ Santa Júlia**



- Rincão



- **Santa Júlia**



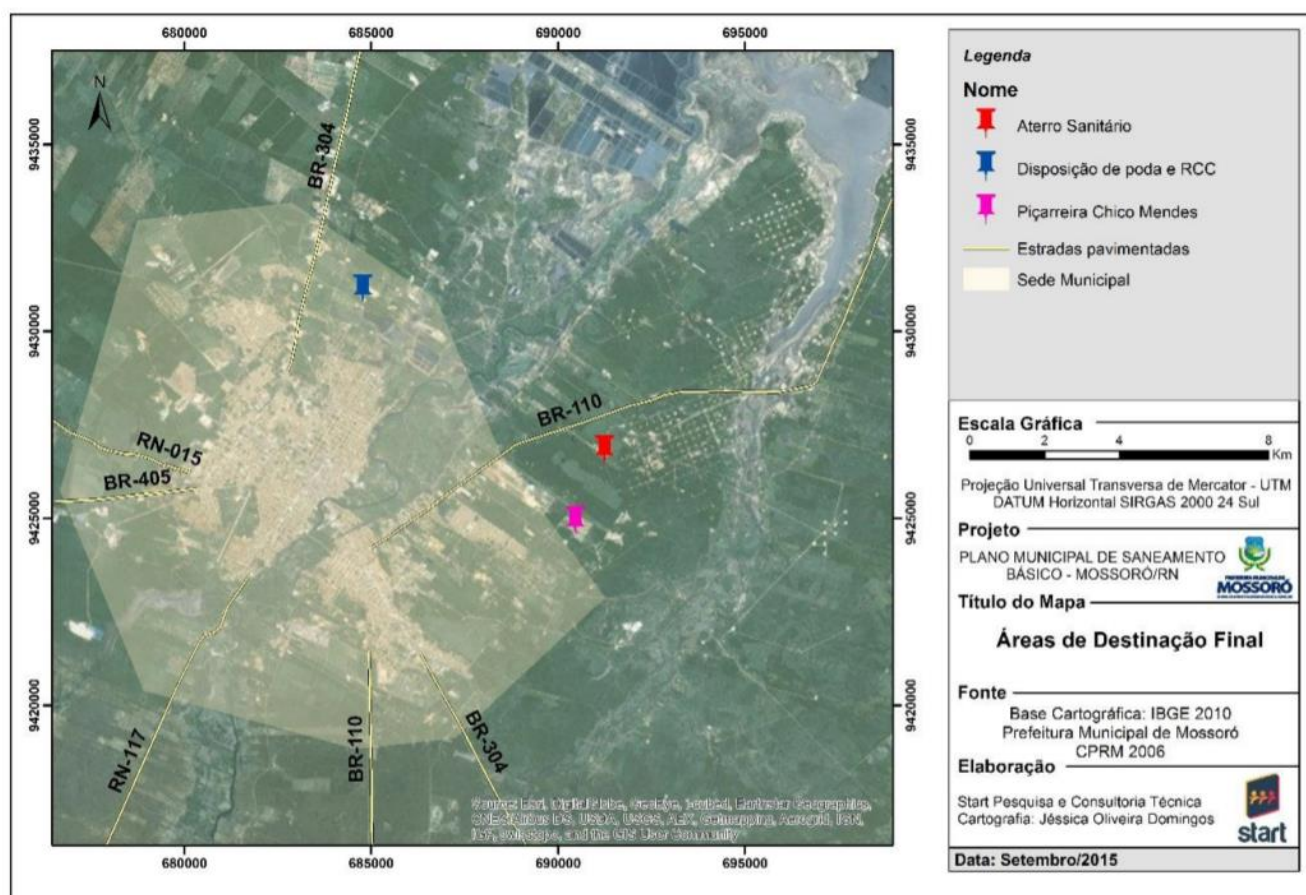
- **Santo Antônio**



- Sumaré – 2



ANEXO A.1 – Áreas para destinação dos resíduos sólidos coletados pela prefeitura



ANEXO A.2 – Área de disposição de poda e resíduos da construção civil

