

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
CURSO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E CARTOGRÁFICA**

ERIC OLIVEIRA DE LIMA

**ANÁLISE DE SÉRIE HISTÓRICA POR MEIO DE ORTOFOTOS DA
OCUPAÇÃO URBANA AO ENTORNO DA PEDRA DE XANGÔ (1989,
2006, 2016, 2018)**

Salvador

2018

ERIC OLIVEIRA DE LIMA

**ANÁLISE DE SÉRIE HISTÓRICA POR MEIO DE ORTOFOTOS DA
OCUPAÇÃO URBANA AO ENTORNO DA PEDRA DE XANGÔ (1989,
2006, 2016, 2018)**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao colegiado do Curso de Engenharia de Agrimensura e Cartográfica como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Agrimensura e Cartográfica.

Orientadora: Prof. Dra. Vivian Oliveira Fernandes

Salvador

2018

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE

ERIC OLIVEIRA DE LIMA

APRESENTADA AO COLEGIADO DE ENGENHARIA DE AGRIMENSURA E
CARTOGRÁFICA, DA UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, EM 17 DE AGOSTO DE 2018.

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a Dra. Vivian Oliveira Fernandes

Orientador

UFBA - POLI

Prof. Dr. Mauro José Alixandrini Junior

UFBA - POLI

Prof. Dr. Pablo Santana Santos

UFBA - IGEO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço ao meu pai Gilmar Paim de Lima, a minha esposa Jamile Sales dos Santos e a minha avó Gilda Maria Paim dos Santos. À minha orientadora Prof.^a. Dra. Vivian Fernandes por me dar todo apoio acadêmico e ao Prof. Dr. Mauro José Alixandrini Junior.

RESUMO

O crescimento populacional vem impactando o ambiente natural, isto se dá devido as mudanças da cobertura e uso da terra associadas à expansão urbana organizada e não organizada. Desta forma o presente trabalho tem o objetivo de classificar a vegetação, solo exposto e ocupação urbana na área da Pedra de Xangô, a partir da combinação de imagens de VANT e serviço WMS do Geoportal da CONDER-Bahia. A área de estudo possui 16 hectares e está localizada no bairro de Cajazeiras na cidade de Salvador-Bahia. Metodologicamente, os dados foram analisados e classificados por meio das imagens do drone DJ Phantom 4 e do serviço WMS, processadas com suporte do software de geoprocessamento Quantum Gis versão 2.14.17 e o plug-in SCP associado ao QGis, Agisoft PhotoScan, Pix4d Capture, foram utilizadas três imagens referentes aos anos de 2006, 2016 e 2018, para o processo de classificação supervisionada, onde foram apresentados a acurácia global e o índice kappa . Na vetorização, foram utilizadas imagens de 1989, 2006, 2016 e 2018, com intuito de quantificar as classes da área de estudo no processo temporal.

PALAVRAS-CHAVE: Geoprocessamento, Kappa, NDVI, SIG e gerenciamento ambiental.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES E TABELAS

Figura 1 - Tipos de aeronaves não tripuladas.....	18
Figura 2 - SISANT - Autenticação.....	20
Figura 3 - SARPAS- Solicitação de acesso	20
Figura 4 - Pedra de Xangô.....	29
Figura 5 - Mapa de localização.....	32
Figura 6 - Organograma das atividades.....	33
Figura 7- DJ Phanton 4.....	35
Figura 8 - Fluxo de Trabalho.....	38
Figura 9 - Alinhar fotos.....	39
Figura 10 - Nuvem de pontos	39
Figura 11 - Nuvem de pontos densificado	40
Figura 12 – Construção do modelo.....	40
Figura 13 - Construção da textura	41
Figura 14 - Construção da MDE	41
Figura 15 - Construção do ortomosaico.....	42
Figura 16 - Ortomosaico da área de estudo	43
Figura 17 - Portal GEOPOLIS.....	44
Figura 18 - Metadados GEOPOLIS	44
Figura 19 - Ferramenta de adição camada WMS	45
Figura 20 - Ferramenta de seleção das camadas WMS.....	46
Figura 21 - Apresentação da camada WMS	46
Figura 22 - QGis - Cortador	47
Figura 23 - Ortofoto – DJ Phatom 4 2018 cortada	48
Figura 24 - Área de estudo (1989).....	49
Figura 25 - Área de estudo (2006).....	50
Figura 26 - Área de estudo (2016).....	51
Figura 27 - SCP Dock.....	53
Figura 28 - Criação das categorias.....	54
Figura 29 - Amostras para classificação	55
Figura 30 - Resposta da acurácia	56
Figura 31 - Mapa de classificação (2006).....	59
Figura 32 - Mapa de classificação (2016).....	61
Figura 33 - Mapa de classificação (2018).....	63
Figura 34 - Evolução das edificações	65
Figura 35 - Evolução do arruamento	65
Figura 36 - Evolução da vegetação	66
Figura 37 - Evolução do solo exposto.....	66
Figura 38 - Mapa de vetorização (1989).....	67
Figura 39 - Mapa de vetorização (2006).....	68
Figura 40 - Mapa de vetorização (2016).....	69
Figura 41 - Mapa de vetorização (2018).....	70
Tabela 1 - Classificação dos VANT, Polski (2004)	17
Tabela 2 - Lista de materiais.....	34
Tabela 3 - Especificidades do VANT	35
Tabela 4 - Primeiro voo.....	36

Tabela 5 - Segundo voo.....	36
Tabela 6 - Terceiro voo.....	37
Tabela 7 - Descrição das fotografias utilizadas	51
Tabela 8 - Descrição das classes	52
Tabela 9 - Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).	56
Tabela 10 – Esquema da matriz de erro.....	57
Tabela 11 - Área de classificação (2006).....	58
Tabela 12 - Matriz de erro (2006)	58
Tabela 13 - Acurácia das classificações (2006).....	58
Tabela 14 - Área de classificação (2016).....	60
Tabela 15 - Matriz de erro (2016)	60
Tabela 16 -Acurácia das classificações (2016).....	60
Tabela 17 - Área de classificação (2018).....	62
Tabela 18 - Matriz de erro (2018)	62
Tabela 19 -Acurácia das classificações (2018).....	62
Tabela 20 - Áreas vetorizadas (1989).....	64
Tabela 21 - Áreas vetorizadas (2006).....	64
Tabela 22 - Áreas vetorizadas (2016).....	64
Tabela 23 - Áreas vetorizadas (20018).....	64

LISTAS DE SIGLAS E ABREVIATURAS

VANT – Veículo aéreo não tripulado
WMS – Web Map Service
SCP – Semi-Automatic Classification Plugin
CONDER – Companhia de Desenvolvimento Urbano do Estado da Bahia
SIG – Sistema de informação geográfica
GIS – Geographic Information System
BNB – Banco do Nordeste do Brasil
CIA – Centro Industrial de Aratu
SUDENE – Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
RMS – Região metropolitana de Salvador
NASA – National Aeronautics and Space Administration
CTA – Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial
GNSS – Global Navigation Satellite System
IMU – Inertial Measurement Unit
SisVANT – Sistema de Veículo Aéreo Não Tripulado
APR – Aeronave Pilotada Remotamente
RPAS – Remotely-Piloted Aerial 17 System
ICAO – Internacional Civil Aviation Organization
MAV – Micro Air Vehicle
NAV – Nano Air Vehicle
VTOL – Vertical Take-Off and Landing
LASE – Low Altitude and Short-Endurance
LALE – Low Altitude and Long Endurance
MALE – Medium Altitude and Long Endurance
HALE – High Altitude and Long Endurance
UASSG – Unmanned Aerial Systems Study Group
AESA – European Aviation Safety Agency
FAA – Federal Aviation Administration
ANAC – Agência Nacional de Aviação Civil
SARPAS – Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas
GSD – Ground Size Distance
MDS – Modelo digital de superfície
MDT – Modelo digital de terreno
NDVI – Normalized Difference Vegetation Index
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPHAN – Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional
IPAC – Instituto do Patrimônio Artístico e Cultural da Bahia
PDDU – Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
MDE – Modelo Digital de Elevação
ROI – Region Of Interest

SUMÁRIO

BANCA EXAMINADORA	3
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 Objetivo geral.....	12
2.2 Objetivos específicos.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
3.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA CIDADE DO SALVADOR	13
3.1.1 Salvador e a formação dos seus bairros	13
3.2 VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO	15
3.2.1 Breve histórico	15
3.2.2 Classificação das aeronaves remotamente pilotadas.....	16
3.2.3 Legislação sobre VANT	18
3.2.4 Aplicações de VANT na engenharia	21
3.3 PROCESSAMENTO DE IMAGENS	24
3.3.1 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS.....	24
3.3.3 ALGORITMOS DE CLASSIFICAÇÃO	27
4. MATERIAL E MÉTODO.....	29
4.1 Descrição da área de estudo.....	29
4.2 METODOLOGIA.....	33
4.2.1 Materiais	34
4.2.2 Agisoft PhotoScan	34
4.2.3 QGIS v.2.14.17 Essen	34
5. AQUISIÇÃO DOS DADOS	35
5.1 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS ATRAVES DO DRONE	35
5.2.2 Execução do Voo	36
5.2.3 Planejamento de voo	36
5.2.5 Processamento das fotografias aéreas	37
5.2.5 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS WMS ATRAVES DO GEOPOLIS.....	43
5.2.6 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DAS IMAGENS DA AREA DE ESTUDO	51
5.2.6.1 SCP – Semi Automatic Classification Plugin	51
5.2.7 Pós processamento.....	57

6. Resultados da classificação da área de estudo	58
7. Resultados da vetorização da área de estudo	64
8. CONCLUSÕES.....	71
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72

1. INTRODUÇÃO

Apesar das áreas urbanas ocuparem uma porção relativamente pequena da superfície terrestre, sua extensão, distribuição e evolução têm grande impacto no meio ambiente e na dinâmica socioeconômica mundial (SMALL, 2005).

O processo acelerado do crescimento urbano ocorre de modo desorganizado na maior parte dos municípios do Brasil. Desta forma a pouca quantidade de dados e suas imprecisões a respeito do crescimento urbano gera uma resistência por parte dos órgãos públicos para se definir uma política pública com eficiência no acompanhamento e controle do processo desorganizado do avanço da mancha urbana. Com isso, se faz necessário o emprego de tecnologia de sensoriamento remoto em conjunto com os sistemas geográficos (SIG) que é um dos principais recursos utilizados para análise e monitoramento do crescimento urbano.

A produção de técnicas de planejamento precisa transpor algumas barreiras, como à demanda de tempo e de recursos financeiros na obtenção de informações, o que dificulta à criação de medidas de intervenção, capazes de amenizar as consequências da ocupação territorial inadequada. Assim, o uso das técnicas de Sensoriamento Remoto, funciona como um método alternativo na obtenção de melhores cenários, pois simplificam o processo de alimentação do banco de dados, que subsidia a elaboração de novas metodologias de estudos e análise urbanas. Segundo Machado (2008), o Sensoriamento Remoto permite a coleta de informações em regiões de difícil acesso dos observadores humanos, oferece vantagens substanciais em relação ao demais métodos de obtenção de dados, como a viabilidade de aplicação em diversos contextos, possibilita uma visão geral das circunstâncias (discernimento de padrões e relações não aparentes quando observada no nível do solo), além da agilidade no processamento e disponibilização de informações.

Para Alves et al. (2010), o Sensoriamento Remoto, aliado ao sistema GIS (*Geographic Information System*) notoriamente tem adquirido papel de destaque na análise urbana e na modelagem de dados, devido ao fato de informações de caráter multitemporais, multiespectrais e de multiresolução, serem transformadas em informações importantes para entender e monitorar os processos urbanos, além de contribuir para a elaboração de políticas públicas e a criação de estratégias de desenvolvimento.

O presente trabalho visa analisar o fenômeno de crescimento no entorno da área da pedra de Xangô, localizada no município de Salvador-Bahia e no entorno próximo, identificando as alterações da área, combinado com imagens do Geoportal e imagens oriundas do Drone Dji Phantom 4. Para tal, foram selecionados dados no site da Geopolis, site de dados espaciais da CONDER-BAHIA, mosaicos de imagens de 2006 e 2016.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar a ocupação urbana no entorno da região da Pedra de Xangô, através da classificação de imagens de diferentes fontes da área da Pedra de Xangô nos anos de 1989, 2006, 2016 e 2018.

2.2 Objetivos específicos

- a). Conhecer a ocupação histórica na região de estudo (cultural e urbanística).
- b). Identificar os problemas gerados no uso de dados com diferentes resoluções.
- c). Comparar técnicas de classificação supervisionada e manual.
- d). Quantificar o percentual de ocupação urbana no período estudado e sua variação.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 PROCESSO DE URBANIZAÇÃO NA CIDADE DO SALVADOR

3.1.1 Salvador e a formação dos seus bairros

O município de Salvador é uma das primeiras cidades do Brasil e assim como outras cidades de diversos países, apresenta graves problemas de distribuição de renda na população, que por sua vez gera um grande impacto no processo de moradia, sobretudo nos menos favorecidos, que por sua vez cria um processo acelerado no crescimento dos bairros populares e periféricos, ocasionando impactos sobre o meio ambiente.

Salvador teve sua fundação datada em 1549 e sua ocupação limitada as áreas mais elevadas que tem o nome de Falha de Salvador até finais do século XVI. Na segunda etapa do processo, que tem início no século XVII e vai até meados do século XVIII, ocorre uma redução da expansão sobre as áreas mais elevadas, e assim o município cruza o Rio das Tripas, chegando à segunda linha de áreas mais elevadas. A terceira etapa do processo, inicia-se na metade do século XVIII tendo fim no século XIX, onde corre a consolidação da metrópole descrevendo pela formação de novos bairros, beneficiados pelos novos transportes; a cidade apresenta um vetor de crescimento na direção para norte e para sul; e pelo seu rápido espraiamento. A quarta etapa vai desde o início do século XX até princípios da década de 1950, apresentando um aumento lento da mancha urbana ao lado de importantes reformas urbanísticas. Por fim, a última etapa que se estende desde o início da década de 1950 até nossos dias e caracterizando-se pela implantação de novos fatores de crescimento que se repercutem na rápida expansão metropolitana. (PINHEIRO, 1998)

A quinta etapa é onde há uma grande mudança da área central da cidade, sendo possível encontrar também, a construção de bairros ricos, a fixação de invasões, a ocupação dos vales, a valorização das praias como espaço residencial (SANTOS, 1959), além do começo da expansão horizontal de Salvador (PINHEIRO, 1998). Em 1950, ocorre o aumento da urbanização que está diretamente relacionada a alguns fatores importantes para a mudança de parte da população de regiões rurais para as metrópoles, criando assim um inchaço espacial de pessoas no município de Salvador. Dentre estes fatores é possível destacar:

- Mudanças na base econômica regional agrário exportadora para a acumulação de base industrial;
- Expansão dos transportes por rodovias; • Implantação da atividade petrolífera no Recôncavo Baiano;
- A criação do Banco do Nordeste do Brasil (BNB);
- Criação da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE);
- Conclusão da Hidroelétrica de Paulo Afonso;
- Instalação do Centro Industrial de Aratu (CIA).

Entre 1950 e 1960, o uso do solo do município esteve marcado por uma acentuada expansão da periferia que apresenta uma maneira de como a população que vive na cidade se adaptou às novas condições sociais e econômicas da cidade. O município cresceu alargando sua área urbana além da necessidade real, em termos do espaço ocupado. A expansão horizontal desenvolvida de forma artificial, aprofunda a crise da habitação e a deficiência dos serviços públicos municipais (MATTEDI, 1979).

Salvador tinha uma população de cerca de 1.000.000 pessoas em 1968, e já apresentava uma maior complexidade na distribuição espacial. Neste momento estava consolidado e aumentava a quantidade de pessoas por metro quadrado em áreas com usos residenciais. A população com maiores rendimentos seguia concentrando-se nos bairros orientados para o sul e próximos ao mar, apresentando de forma direta a relação aos distintos estratos de renda da população. A parcela da população que tinha melhor renda ocupava os bairros de centro histórico da cidade, onde eram comuns a deterioração das construções; com o passar do tempo esta parcela da população migrou para áreas mais centrais, na direção contrária a população mais carente seguiu na direção norte da cidade, nas encostas dos vales, ocupando o chamado Subúrbio Ferroviário de Salvador, em bairros isolados e distantes da malha urbana contínua. Vale destacar que uma das primeiras remoções de favelas de Salvador, ocorreu em 1968, feita pela Prefeitura Municipal de Salvador (PMS) e que a destinou ao subúrbio; a população foi removida do “Bico-de-Ferro” na Pituba para o Lobato (BRITO, 1997).

Nos últimos anos da década de 60 toda a parte oriental da cidade, começou a formar um extenso vazio com densidade demográfica muito baixa, composta por pequenos núcleos de população em muitas áreas rurais. E assim nasceram os bairros do Cabula, Pernambues, Pau da Lima, São Cristóvão entre outros. Esta área conhecida como “Miolo da cidade” estava caracterizada por atividades rurais realizadas em grandes propriedades pouco exploradas, mais tarde estas áreas vieram a ter uma maior valorização com a expansão da cidade naquela direção. As décadas de 1970 e 1980 foram marcadas pela continuidade do processo de crescimento espacial tanto horizontal quanto vertical, que foi necessário por causa da expansão em função da necessidade real que acabou piorando ainda mais a crise da moradia na cidade, ampliando a demanda pelos serviços públicos municipais em que o aumento do custo da terra urbana dificultou a acessibilidade ao solo para a maioria da população da cidade de Salvador (SILVA, 1991).

As áreas periféricas se tornaram o alvo para a confecção de novas áreas. O Governo Federal em 1980 teve um papel muito significativo, construindo através do Sistema de Financiamento de Habitação grandes conjuntos habitacionais. Nos anos 80, Salvador apresenta uma paisagem semelhante a um grande mosaico onde: o centro dos negócios tem índices de verticalização superiores aos de vários bairros residenciais; as moradias de baixa renda se situam tanto entre os bairros de classe média na área urbana contínua – periferia social –, como em áreas dispersas da cidade – periferia sócio espacial (FERNANDES, 1992); as atividades industriais e associadas se deslocam do tecido urbano para eixos periféricos – principalmente à BR 324; o comércio e os demais serviços têm fortes desdobramentos em bairros

vizinhos ao centro ou em sua periferia imediata. Como resultado deste crescimento acelerado se pode falar de um caos organizado no sentido de que, apesar da forma problemática assumida pela expansão urbana anteriormente analisada, a cidade tem sido capaz de assegurar a continuidade do crescimento econômico regional, com maiores benefícios para a reprodução das formas capitalistas modernas (SILVA, 1991).

Este período foi caracterizado pelo avanço da periferia como a forma espacial mais importante da cidade. A parte central da cidade se caracterizou como grande exemplo do avanço da área periférica da cidade, com o surgimento de grandes conjuntos habitacionais, invasões e favelas, bem como a existência de vários loteamentos legais e ilegais, entre outros. Porém, esta época também apresenta um grande avanço da área urbana contínua através da verticalização de vários bairros e da ocupação dos espaços vazios que ainda existiam. O período conturbado que a economia passou durante a década de 90 ocasionou inúmeras mudanças na estrutura urbana e social da cidade, onde a RMS, confeccionava o principal complexo urbano-industrial terciário do Estado da Bahia e de todo o Nordeste brasileiro (PORTO & CARVALHO, 1999).

3.2 VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO

3.2.1 Breve histórico

Em 22 de agosto de 1849, foi datado pela primeira vez o uso do VANT, onde o exército austríaco atacou a cidade de Veneza usando balões carregados de explosivos. Desde então, por questões de custo e complexidade, até poucos anos atrás essas plataformas eram tradicionalmente desenvolvidas e adquiridas para o emprego militar. As bombas voadoras V1, utilizadas pelos alemães na Segunda Guerra Mundial para atacar alvos a grandes distâncias sem colocar em risco seus pilotos, foram os VANT de sucesso, embora ainda não fossem conhecidos por esse nome. Continuaram sendo empregados em diversos outros conflitos que se sucederam. Porém, foi na Segunda Guerra do Golfo, iniciada em 2003, que se tornaram mais conhecidos pelo público em geral ao serem usados em grande escala pelas forças norte-americanas para o monitoramento de inimigos, designação de alvos e até lançamento de armamentos guiados. A partir desse conflito, diversas nações passaram a ter interesse em adquirir e desenvolver plataformas desse tipo para emprego militar. No Brasil, o primeiro registro de desenvolvimento de um VANT ocorreu em 1982 (Pecharromán & Veiga, 2017).

No projeto conjunto entre o Centro Técnico Aeroespacial e a Companhia Brasileira de Tratores, um veículo não tripulado a jato foi produzido, mas o projeto acabou sendo encerrado antes do seu primeiro voo. Posteriormente, outras empresas investiram nessa tecnologia para atender às necessidades da Marinha, do Exército e da Aeronáutica. Assim como em vários outros países, o principal interesse em veículos não tripulados se resumia no emprego como alvos aéreos para treinamento de tiro real de suas unidades antiaéreas. O mercado civil de VANT surge no Brasil na última década impulsionado por empresas criadas por pesquisadores universitários,

que uniram suas paixões por aeromodelos aos avanços dos sensores óticos digitais, eletrônica de controle e sistemas de comunicação, que permitiram agregar às suas pequenas plataformas capacidades suficientes para o seu emprego comercial. Inicialmente, apenas as plataformas de asa fixa foram exploradas e ganharam diversas melhorias, passando de câmeras simples para unidades de análise de espectro e calor nos modelos mais completos, empregados na agropecuária e mineração (Pecharromás & Veiga, 2017).

3.2.2 Classificação das aeronaves remotamente pilotadas

O VANT é um recurso que ganha destaque no Brasil, mais recentemente, e o emprego do mesmo é apresentando como uma tecnologia de coleta de imagens que subsidiam o mapeamento em grandes escalas (LINHARES et al., 2013). Além dos mapeamentos em grandes escalas, o VANT possui custos relativamente baixos e são mais práticos em relação às aeronaves tradicionais, tendo aplicações na agricultura, planejamento urbano, monitoramento e fiscalização de áreas (FERREIRA et al.,2013).

National Aeronautics and Space Administration (NASA) elaboraram programas elaborados entre as décadas de 70 a 90, dando o ponta pé inicial do desenvolvimento de VANT com objetivos científicos para comunidade civil. Como o VANT foi uma tecnologia criada para uso militar, eles tinham dimensões e valores altos. Desse modo, os projetos de pesquisa preocuparam-se com a miniaturização dos sensores e das plataformas (Watts et al., 2012; Colomina e Molina, 2014).

O Comando-Geral de Tecnologia Aeroespacial (CTA), no ano de 1984, começou o projeto denominado Acauã, tornando no Brasil o primeiro projeto com um VANT. O CTA tinha interesse do equipamento para utilização militar, estudos ambientais e a fiscalização de dutos de gás e óleo, eram utilizações de uso civil que faziam interesses na aplicabilidade da tecnologia.

Nas áreas da automação e da robótica o VANT representa um avanço, o aparelho possui sistema de telemetria, Sistema Global de Navegação por Satélite (*Global Navigation Satellite System - GNSS*) e Unidade de Medida Inercial (*Inertial Measurement Unit - IMU*). O sistema de telemetria é utilizado para realizar a comunicação entre a aparelho e a estação em solo, já o IMU é composto por medidores de força da gravidade, orientação e velocidade da embarcação (Han et al., 2011). A combinação dos dispositivos eletrônicos que compõe o aparelho, possibilita a realização de voos autônomos, controlado remotamente sem a necessidade de pilotar dentro do VANT.

Drones, Aeronave Pilotada Remotamente (APR), Sistema de Veículo Aéreo Não Tripulado (SisVANT), Sistema de Aeronave Não Tripulado (SANT), são as denominações mais utilizadas para estas aeronaves. Sistema Aéreo Pilotado Remotamente (Remotely-Piloted Aerial 17 System – RPAS) é a nomenclatura reconhecida pela Organização da Aviação Civil Internacional (*Internacional Civil Aviation Organization – ICAO*) para fins de regulamentação destas aeronaves.

Os militares descrevem e classificam as plataformas de acordo com o seu tamanho, autonomia de voo e capacidade de carga, dividindo-se dentro da comunidade científica da seguinte forma:

Tabela 1 - Classificação dos VANT, Polski (2004)

Nomenclatura	Descrição
Micro Air Vehicle (MAV) ou Nano Air Vehicle (NAV): Vertical Take-Off and Landing (VTOL)	São assim chamados devido ao seu tamanho, essas plataformas operam em baixas altitudes, menos que 330 metros e com tempo de voo de 5 a 30 minutos. A decolagem e aterrissagem dessas aeronaves são na vertical, não necessitando de pista. São utilizadas em baixas altitudes, com alta potência para pairar sobre ar e, devido a isso, o tempo de voo é limitado.
Low Altitude and Short-Endurance (LASE)	Pequenas aeronaves que também não necessitam de pista para lançamento e aterrissagem, são tecnologias otimizadas, com objetivo de facilitar sua operação. Essas aeronaves pesam de 2 a 5 kg e possuem envergaduras menores que 3 m. Com essa configuração essas aeronaves possibilitam o lançamento com a mão ou com catapulta. No geral, esses sistemas possuem um tempo de comunicação que varia de 1 a 2 horas, com distância limitada a poucos km da estação em solo.
LASE Close	São aeronaves pequenas que necessitam de pista, outra diferença da categoria anterior é em relação à altitude de voo que pode chegar a 1500 m, permanecendo por várias horas no ar.
Low Altitude and Long Endurance (LALE)	Essas aeronaves podem transportar cargas com vários kg, em altitudes de milhares de metros e com tempos superiores a 30 h.
Medium Altitude and Long Endurance (MALE)	São aeronaves superiores às utilizadas em baixa altitude, que operam em altitudes de até 9000 m, também conseguem se distanciar centenas de km da estação em solo, com tempo de voo que duram muitas horas.
High Altitude and Long Endurance (HALE)	Os VANT dessa categoria são os maiores e mais complexos, contemplando aeronaves maiores que as existentes na aviação tripulada. Essas aeronaves podem voar a uma altitude de 20000 m ou mais, em voos que se estendem por milhares de km. Algumas aeronaves dessa categoria têm duração de voo mais de 30 h.

De acordo com a Organização da Aviação Civil Internacional (ICAO), "O fato de a aeronave ser tripulada ou não-tripulada não afeta sua condição de aeronave. Cada categoria de aeronave possivelmente terá versões não tripuladas no futuro. Este ponto é fundamental para todos os aspectos futuros relacionados com a UA e fornece a base para lidar com a aero navegabilidade, o licenciamento de pessoal, as regras

de separação e outras situações para as aeronaves que continuam sendo aeronaves e, portanto, sujeitos às mesmas regras e limitações que tripuladas, ao mesmo documento da ICAO, estabelece duas regras importantes que você deve considerar em relação a discussão a seguir:

A preferência para considerar o sistema completo inclui não só a própria aeronave, mas também pela estação de controle em terra ("estação de controle de solo" ou GCS) e do elo de comunicação entre este e a aeronave. Desta forma os sistemas de aeronaves não tripuladas e sistemas da aeronave pilotada devem seguir a mesma referência específica aos próprios aviões.

A distinção entre RPAs e aeronaves completamente autônomas, no qual não há controle efetivo do piloto remoto na aeronave, em todo ou parte do voo, portanto, é claro que, assim como todos os rpAS são uAS, nem todos os uAS são rpAS, como mostrado na forma gráfica abaixo.

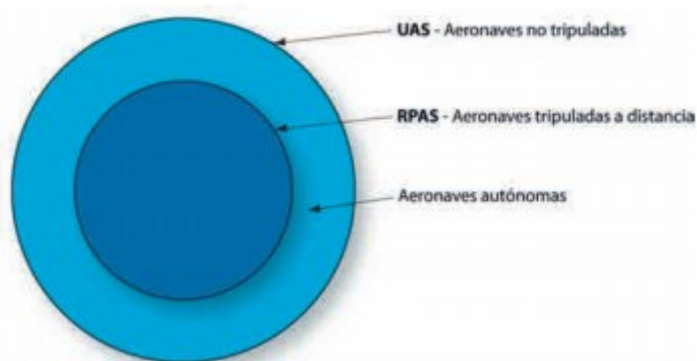


Figura 1 - Tipos de aeronaves não tripuladas, (Mora, 2015)

Para todo fim, as aeronaves autônomas apresentam problemas importantes para garantir a segurança (como evitar acidentes) e, acima de tudo, para atribuir responsabilidade em caso de acidente, de modo que o seu desenvolvimento não está previsto a curto prazo, ao menos no uso civil.

3.2.3 Legislação sobre VANT

Em 2007 iniciou-se a discussão mundial a respeito da regulamentação do uso de VANT, quando foi criado pela ICAO o Grupo de Estudo em Sistemas Aéreos Não Tripulados (*Unmanned Aerial Systems Study Group – UASSG*), com intuito de ser o coordenador dos trabalhos relacionados a VANT. O primeiro documento oficial da ICAO sobre esse assunto foi disponibilizado em 2011, com a Circular 328 (ICAO, 2011), que tem como objetivos:

Informar a perspectiva da ICAO sobre a integração dos VANT no espaço aéreo;

Considerar as fundamentais diferenças entre a aviação tripulada e o que essa integração vai envolver;

Incentivar os países a ajudarem com o desenvolvimento da política da ICAO em relação aos VANT, fornecendo informações sobre as suas próprias experiências associadas a essas aeronaves.

A Agência Europeia para a Segurança da Aviação (*European Aviation Safety Agency - AESA*) em agosto de 2009, elaborou uma declaração política tratando o tema da aero navegabilidade e certificação de Sistemas de Aeronaves Não Tripuladas, retratando as políticas que estabelecem princípios gerais para a certificação de SisVANT (Colomina e Molina, 2014).

A Administração Federal de Aviação (*Federal Aviation Administration – FAA*), localizada nos Estados Unidos da América (EUA), autorizou o primeiro voo dessas aeronaves no espaço aéreo nacional em 1990. Atualmente, o uso civil dos VANT no espaço aéreo só pode ser realizado na categoria experimental. Regulamentos de certificação experimental apenas possibilitam operações de pesquisa e desenvolvimento, como demonstrações de voos e de vendas (FAA, 2015)

No dia 02 de maio de 2017, foi aprovada pela diretoria colegiada da ANAC o regulamento especial para utilização do VANT (Regulamento Brasileiro de Aviação Civil Especial – RBAC –E nº 94), ela foi publicada no dia seguinte no diário oficial da União. Desta forma para utilizar um VANT, seja aeronaves não tripuladas, drones usados para fins recreativos, e aeronaves remotamente pilotadas (RPA), drones utilizados para operações comerciais, corporativas ou experimentais é necessário seguir algumas regras que foram amplamente discutidos com as partes mais envolvidas como, sociedade, órgãos públicos, empresas interessadas e associados.

Para efetuar o voo dentro das conformidades legais são necessários no mínimo dois registros: ANAC, SISANT e ANATEL, ANAC é o órgão que criou as regras para operações com drones, desta forma sendo necessário cadastrar o piloto e o drone junto ao sistema SISANT. O cadastro no Sistema de Aeronaves não Tripuladas (SISANT) é obrigatório as aeronaves não tripuladas de uso recreativo (aeromodelo) ou não recreativo (RPA), com peso máximo de decolagem superior a 250g e limitado a 25kg e que não voará além da linha de visada visual (BVLOS) ou acima de 400 pés (120 metros) acima do nível do solo. Deve ser feito 1(um) cadastro por aeronave e cada equipamento deve estar vinculado a uma pessoa ou a uma empresa no Brasil, que será a responsável legal pela aeronave. Durante o processo de cadastramento é necessário informar ao sistema os dados pessoais do cadastrante assim como nome, CPF, endereço e dados referente ao equipamento que está sendo cadastrado como nome, modelo, fabricante e outros dados que definem o aparelho.

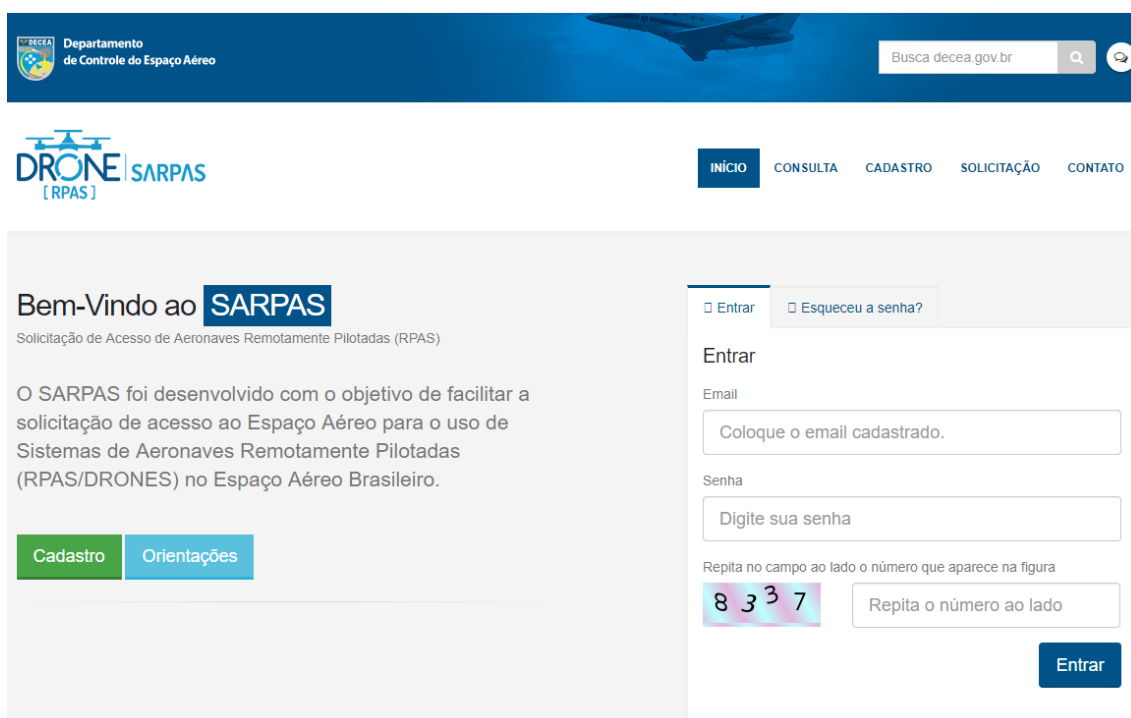
Caso o cadastrante seja pessoa jurídica, será necessário apresentar dados referente a empresa. É importante lembrar que caso a aeronave voe acima de 400 pés em relação ao nível do solo, voe além da linha de visada ou ter peso que ultrapassa os 25kg, o aparelho deverá ser registrado na agencia e identificada a sua nacionalidade de matricula.



The screenshot shows a web form titled "Autenticação". It contains three input fields: "Usuário *" with the placeholder "Digite seu e-mail", "Senha *" with the placeholder "Digite sua senha", and "Digite o código de segurança abaixo" with a CAPTCHA image showing the characters "EYMZQ". Below the fields is a blue "Entrar" button and two links: "Reenviar senha" and "Cadastrar novo operador".

Figura 2 - SISANT - Autenticação

SARPAS – Solicitação de acesso de aeronaves remotamente pilotadas (RPAS/DRONES), o SARPAS foi desenvolvido para intermediar a autorização para operação de aerolevamento para que os pilotos possam fazer voos seguros e dentro das normas.



The screenshot shows the SARPAS website interface. At the top, there is a header for the "Departamento de Controle do Espaço Aéreo" with a search bar for "Busca decea.gov.br". The main navigation menu includes "INÍCIO", "CONSULTA", "CADASTRO", "SOLICITAÇÃO", and "CONTATO". The main content area is titled "Bem-Vindo ao SARPAS" and describes the system's purpose. On the right, there is a login form with tabs for "Entrar" and "Esqueceu a senha?". The "Entrar" form includes fields for "Email" (placeholder: "Coloque o email cadastrado."), "Senha" (placeholder: "Digite sua senha"), and a CAPTCHA verification step with the number "8 3 3 7" and a field to "Repita o número ao lado". A blue "Entrar" button is at the bottom right.

Figura 3 - SARPAS- Solicitação de acesso

As empresas ou pessoas físicas proprietárias de precisam homologar seus equipamentos com a Anatel. Os drones possuem transmissores de radiofrequência em seus controles remotos e, em alguns casos, no próprio veículo aéreo, para a

transmissão de imagens. Todos os drones necessitam ser homologados pela Anatel inclusive os de uso recreativo, como os de aeromodelismo.

A medida da Agência tem como objetivo evitar interferências dos drones em outros serviços, a exemplo das comunicações via satélite. Os interessados em utilizar esta tecnologia deverão preencher um requerimento disponível no site da Agência e pagar uma taxa. No processo de homologação são verificadas as características técnicas de transmissão dos equipamentos.

3.2.4 Aplicações de VANT na engenharia

A qualidade do ar e seu controle tem sido e são, há muito tempo, uma preocupação constante tanto da administração quanto dos cidadãos, devido aos efeitos nocivos que os poluentes atmosféricos produzem sobre a saúde das pessoas, no vigor biológico dos ambientes naturais, bem como nas estruturas exteriores de edifícios e construções de todos os tipos. Os instrumentos utilizados para realizar o monitoramento e controle ambiental da qualidade de nossa atmosfera têm sido tradicionalmente embarcados em diferentes vetores de observação, como aviões ou balões. Esta forma de observação sempre foi acompanhada pela instalação na superfície das redes de medição, onde a monitoração climática clássica é combinada com a medição dos níveis de poluição, de modo que quase a maioria das principais cidades do mundo de fato, muitos dos complexos industriais intensivos, como as usinas nucleares ou as grandes indústrias químicas, têm suas próprias redes de observação que, em alguns casos, transmitem abertamente os dados medidos ao público, seja através de uma conexão com a Internet, ou através de aplicativos de telefonia móvel inteligente(Coutinho et al, 2015).

Uma divisão importante que deve ser feita nos processos de poluição atmosférica é aquela que deriva da maneira como são produzidos. Assim, podemos distinguir entre impactos episódicos ligados a acidentes que podem ocorrer em complexos industriais ou durante o transporte de materiais de alto risco, e essa contaminação que está ligada a fontes fixas que emitem continuamente. No caso de poluição episódica que requer especial medição terminada por ambas as substâncias emitidas, bem como o tipo de ações possíveis para assumir a gestão do episódio em questão e são geralmente destinados a minimizar possíveis impactos negativos. Por outro lado, as emissões produzidas de forma contínua e cujo foco principal é no momento as emissões automotivas, apresentam poluentes muito específicos, cujos níveis máximos de concentração permitidos no ar são regulados por lei. Sem dúvida, em qualquer um destes dois problemas ambientais utilizando equipado com veículos aéreos não tripulados instrumentação específica ou sem motorista ter uma aplicação prática que poderiam, em princípio, se não for substituído por completo, se adicionado à observação tradicional e é realizada por meio de aeronaves, globos e redes superficiais de vigilância da poluição atmosférica (Coutinho et al, 2015).

3.2.5 As aplicações de avaliações e perícias na engenharia

Equipamentos como gravador de áudio para produzir a 5 anamnese, trena eletrônica, bússola, GPS, EPI, são utilizados nas atividades profissionais dos tradicionais avaliadores, inspetores ou peritos que carregavam consigo para suas atividades foram expandidas hoje pelas câmeras multiespectrais, tornando importante lembrar, que, em um ambiente judicial, por exemplo, o responsável técnico deve atestar que obteve as imagens de forma legal, alegando que não houve nenhum tipo de invasão de domicílio e que não houve exposição a riscos. Desta forma os RPAS, devido às suas características diferenciadas de agilidade, movimentação, segurança e alcance, podem ter suas aplicações profissionais bastante diversificadas (Coutinho et al, 2015).

3.2.6 Tecnologia de Sensoriamento Remoto

O uso do sensoriamento remoto como ferramenta está acessível e possibilita diversas utilidades para que o responsável técnico não fique dependente de laboratórios especializados. No entanto, torna-se necessário que o responsável técnico tenha a capacidade técnica necessária para uma adequada aplicação dessas tecnologias. O emprego de diversas câmeras pode ser utilizado, no entanto fatores como, capacidade de memória vinculada à resolução, capacidade de processamento vinculada à velocidade de registro, precisão da curvatura e escala focal do conjunto ótico, e, espectro de frequência de captação serão as variáveis a serem analisadas para cada aplicação (Coutinho et al, 2015).

3.2.7 Fotogrametria métrica digital

Definição de elementos gráficos e reconstrução de um espaço tridimensional (chamado de espaço-objeto), a partir de imagens bidimensionais (chamadas de espaço-imagem) contextualiza a fotogrametria métrica digital, que interpreta e analisa o modelo digitalizado da superfície ou do terreno. O resultado deste processo é alcançar propriedades como distância, ângulos, áreas, volume, massas, elevações e formas, ou ainda, dinamicamente, evoluções e padrões (Coutinho et al, 2015).

3.2.8 Atuação na topografia

O uso da aerofotogrametria na topografia tem uma fatia grande sobre as áreas de atuação. No aerolevantamento pelo uso de VANT mostra ser vantajosa para os trabalhos em que o GSD (*Ground Size Distance*) seja acima de 3 cm, sendo que esta tecnologia consegue alcançar uma área de até 1000 ha por dia, desta forma comparando com outras tecnologias como as tradicionais, satélites e lasers se torna muito viável. O nível de sobreposição das fotos é um fator gerenciado pelo profissional, aumentando a qualidade do produto gerado de acordo com a necessidade ao produto final, este percentual culminará em uma maior garantia de

efetividade na captação das imagens, e, posteriormente, na qualidade de um modelamento digital, assim o uso de aplicativos neste segmento permitem um alto nível de estabilidade da aeronave, o que possibilita um acréscimo na qualidade das imagens adquiridas. O posicionamento geodésico através do receptor GNSS embarcado é registrado de forma instantânea para cada foto, além das inclinações do VANT. Estes dados são gravados em um cartão de memória externa, e serão utilizados em associação com alguns pontos de referência tomados na região pelo software, como forma de indexação na montagem do ortomosaico (ou foto índice). As imagens são geradas em duas dimensões, obtendo-se um mapa cartográfico que pode ser analisado e editado para se obter variadas análises espaciais, as áreas registradas por ângulos diferentes em cada foto que com o material fornecido pela sobreposição das imagens, torna-se possível o processamento destes dados e o modelamento digital da superfície do objeto (terreno). Através do MDS, ou ainda melhor, do MDT, é possível uma vasta gama de análises de alto valor agregados. Dentre eles, altitudes (mapas planialtimétricos), inclinações, dimensões, volumes, massas (necessita de fórmulas específicas), análise de viabilidade econômica, de legislação ambiental e de dinâmicas de canteiros de obras (Coutinho et al, 2015).

3.2.9 A utilização na Agricultura

A aerofotogrametria pode ser utilizada para o dimensionamento de áreas, acompanhamento de safras, estimativa de colheita, definição de áreas de aptidão agrícola, zoneamento agroecológico. Este acompanhamento de alta resolução é chamado de agricultura de precisão. No cálculo da área de plantio é necessário proceder a identificação e mapeamento das lavouras de interesse, isto exige normalmente registro das imagens ou fotos aéreas, de modo a georreferenciá-las. Entre as informações do sensoriamento remoto que podem ser utilizadas para a estimativa do rendimento, destaca-se o índice de vegetação. Este índice baseia-se no comportamento espectral da vegetação. Em geral toda vegetação, em bom desenvolvimento vegetativo, absorve significativamente a radiação na faixa do visível, como energia para o processo da fotossíntese. E ainda, esta mesma vegetação reflete fortemente a radiação do infravermelho. A intensidade da absorção do visível e da refletância do infravermelho é mais acentuada, quanto melhor estiver o desenvolvimento da planta. Devido à forte absorção, a radiação correspondente à faixa do visível chega enfraquecida, enquanto a correspondente ao infravermelho, fortemente refletida pela vegetação chega com forte intensidade. Esta diferença de intensidade é captada pelo sistema sensor e registrada na imagem digital. Em computador, por meio de operações aritméticas simples, utilizando os níveis de cinza dos pixels, obtém-se um valor numérico, chamado de índice de vegetação. O infravermelho, portanto, reflete o estado de desenvolvimento da cultura e, conseqüentemente reflete a expectativa de rendimento da mesma (Coutinho et al, 2015).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada ou NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) permite não só mapear a vegetação, mas também medir sua quantidade e condição em uma determinada área. O NDVI se traduz por um

indicador numérico, que varia, teoricamente, de 0,0 (referente à vegetação sem folha, submetida a condição de estresse hídrico por déficit de água no solo) a 1,0 (relativo à vegetação com folhas, sem restrições hídricas e na plenitude de suas funções metabólicas e fisiológicas). O NDVI é calculado utilizando as porções da energia eletromagnética refletida pela vegetação nas bandas do vermelho (comprimento de onda de 0,6 micrômetros) e do Infravermelho próximo (comprimento de onda de 0,8 micrômetros). O princípio físico do NDVI se baseia na assinatura espectral das plantas (Coutinho Coutinho et al, 2015).

As plantas verdes e com vida absorvem fortemente radiação solar na região do vermelho (0,6 micrômetros) para utilizar está radiação como fonte de energia no processo de fotossíntese. Por outro lado, as células das plantas refletem fortemente na região do infravermelho próximo (0,8 micrômetros). As porções absorvidas no vermelho e refletidas no infravermelho variam de acordo com as condições das plantas. Quanto mais verdes, nutridas, saudáveis e bem supridas do ponto de vista hídrico for a planta maior será a absorção do vermelho e maior será a refletância do infravermelho. Assim a diferença entre as refletâncias das bandas do vermelho e do infravermelho será tanto maior quanto mais verde for a vegetação. O referido índice pode ser utilizado em uma vasta gama de estudos como modelagem climática e hidrológica, balanço de carbono, detecção de mudanças climáticas, estimativas de parâmetros da vegetação (cobertura vegetal, índice de área foliar); atividades agrícolas (monitoramento do ciclo de crescimento de culturas, modelagem do crescimento e produtividade de plantações); monitoramento de secas; detecção de desmatamentos, avaliação de áreas queimadas, dentre outras aplicações. No website da Embrapa, na página "Laboratório de Imagem", é possível ter acesso a softwares liberados para o uso, todos focados no uso de imagens digitais. Estes softwares vão desde a análise do crescimento de árvores pelas camadas da seção de seu tronco até softwares de análise de plantações, como o SisCob (Coutinho et al, 2015).

3.3 PROCESSAMENTO DE IMAGENS

3.3.1 CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS

A classificação de imagens é o processo de extração de informações em imagens para reconhecer padrões e objetos homogêneos que são utilizados para mapear áreas da superfície terrestre as quais correspondam aos temas de interesse associando cada pixel da imagem a um "rótulo" ou criando uma área de interesse descrevendo um objeto real. Apesar da técnica de interpretação visual ser muito utilizada, há uma tendência de utilização da classificação computacional, devido a rapidez e facilidade em obter resultados (CROSTA, 1992).

As metodologias utilizadas no processo de classificação de dados digitais junto aos elementos presentes na superfície terrestre são conhecidas por classes temáticas. Quando uma imagem é classificada, os pixels são rotulados de acordo com a ocupação do solo. Para o propósito, utilizam-se os classificadores, a rotulação dos valores dos níveis de cinza é efetuada utilizando-se algoritmos estatísticos (programas

computacionais) de reconhecimento de padrões espectrais. Dependendo do algoritmo a ser usado a classificação pode ser dividida em supervisionada e não supervisionada. Ambos os casos demandam duas fases: a do treinamento e a da classificação. (MOREIRA, 2003).

Para efetuar a classificação é necessário seguir alguns procedimentos prévios:

Com o objetivo de coletar amostras para o treinamento dos classificadores, deve ser feito um levantamento de campo,

Selecionar parte da área de estudo com o objetivo de obter interpretação das imagens no monitor, propiciando dados sobre as características físicas e antrópicas de uma área de teste, servindo de padrão de comparação para classificação supervisionada dos alvos urbanos.

O resultado da classificação digital é apresentado por mapa de pixels classificado e classes espectrais, pois sua caracterização se torna quase impossível através de uma única assinatura espectral. O processo de classificação digital transforma um grande número de níveis de cinza de cada banda espectral em um pequeno número de classes em uma única imagem.

A classificação pode ser dividida em técnicas, classificações unidimensionais - técnicas aplicadas a um canal espectral (uma banda da imagem), classificação multiespectral - o critério de decisão depende da distribuição de níveis digitais (ou níveis de cinza) em vários canais espectrais (várias bandas), regra geral - quanto maior o número de bandas espectrais, maior será a precisão da classificação.

No campo do sensoriamento remoto, existem várias formas e procedimentos para realizar uma classificação de imagem. Podemos destacar pois tipos de classificação:

- Classificação Pixel a Pixel;
- Classificação por Regiões.

O classificador "pixel a pixel" é a forma mais comum dentre os métodos de classificação (CRUZ, 2008). Este método considera as informações de nível de cinza de cada pixel para agrupá-los em padrões homogêneos, baseando-se em conceitos de probabilidade (método estatístico) ou não (método determinístico). Por outro lado, INPE (2014) salienta a importância da unidade pixel como elemento crucial na classificação de imagens de sensores orbitais: Ainda com relação a unidade pixel Inpe (2014) relata: "A informação espectral de uma cena pode ser representada por uma imagem espectral, na qual cada 'pixel' tem coordenadas espaciais x, y e uma espectral L, que representa a radiância do alvo em todas as bandas espectrais, ou seja para uma imagem de K bandas, existem K níveis de cinza associados a cada "pixel" sendo um para cada banda espectral. O conjunto de características espectrais de um "pixel" é denotado pelo termo atributos espectrais." A classificação "pixel a pixel" utiliza apenas a informação espectral, isoladamente, de cada pixel, para achar a classe mais provável para o pixel. Segundo Ribeiro & Kux (2009) apud Congalton e Green (1999),

a classificação por pixel procura identificar a classe de cada pixel na imagem através do vetor dimensional de dados de cada elemento com o padrão de cada classe.

Cada "pixel" de uma banda possui uma correspondência espacial com outro "pixel", em todas as outras bandas, ou seja, para uma imagem de K bandas, existem K níveis de cinza associados a cada "pixel", sendo um para cada banda espectral (CURRAN, 1995). O conjunto de características espectrais de um "pixel" é denotado pelo termo "atributos espectrais". A eficiência da classificação "pixel a pixel" ocorre principalmente em imagens de média e baixa resolução. Contudo, com o aparecimento de sensores de alta resolução no sensoriamento remoto, a eficiência da classificação "pixel a pixel" é questionada, pois o alto grau de detalhe destas imagens torna evidentes as variações espectrais entre os objetos que antes, com resolução espacial mais grosseira. Por outro lado, a classificação por região utiliza, além de informação espectral de cada "pixel", a informação espacial que envolve a relação com seus vizinhos. Procurando simular o comportamento de uma foto-intérprete, reconhecendo áreas homogêneas de imagens, baseados nas propriedades espectrais e espaciais de imagens (INPE 2014).

A classificação por região se coloca como alternativa de mapeamento do uso e cobertura do solo, pois, além do nível de cinza da imagem, considera, também, a situação espacial de um conjunto de pixels semelhantes (região) em relação aos pixels que cercam esse conjunto. Este tipo de classificação demanda o conhecimento prévio de alguns aspectos da área de estudo. Tais áreas são padrão de comparação com as quais todos os pixels desconhecidos serão comparados e, posteriormente, classificados. Nessa classificação, diferentemente da classificação por pixel, provê um meio, dentro do qual a variabilidade espacial e a textura natural podem ser usados no processo de classificação (KURY, 2002). Ao invés de consideraras características espectrais de um determinado pixel no processo de decisão, um agrupamento de pixels é selecionado e usado como unidade de classificação.

Os classificadores por região utilizam como critério de decisão, a informação espectral de cada pixel da imagem e a informação espacial que envolve agrupamentos de pixels. Para alguns classificadores (algoritmos) por região, esse reconhecimento abrange a obtenção de parâmetros estatísticos (média, matriz de covariância) de cada classe presente na área (CROSTA, 1992). Neste processo de classificação, Alves (2010) enfatiza duas etapas: primeiro as imagens são divididas em regiões homogêneas (segmentação), depois cada região é associada a uma classe. A fase de segmentação é o processo de separação automatizada da imagem em áreas que englobem "pixels" semelhantes nas direções X e Y do plano cartesiano (CRUZ, 2008). Essa etapa é essencial para a realização de uma classificação por região, agrupando os pixels em regiões distintas. Cada região ou segmento constitui um conjunto de pixels contíguos agrupados segundo um padrão de homogeneidade. Pixels de diferentes regiões são necessariamente heterogêneos em relação um dado padrão especificado. O princípio básico da segmentação é que a partir de uma

imagem, se extrai ou se reduz as informações, a priori, contida nos pixels da imagem, em regiões homogêneas (Pedrassoli, 2011).

Para Borges e Silva (2009) apud Nascimento (1998) a execução do processo de segmentação de imagens exige a definição dos limiares de similaridade e de área, os quais definem a similaridade espectral entre duas regiões e o tamanho da região, respectivamente: “O limiar de similaridade é o valor da distância euclidiana mínima entre as médias das regiões consideradas. E o limiar de área é o valor da área mínima, dado em número de pixel, para que uma região seja individualizada.” (NASCIMENTO et al 1998, p.983).

3.3.3 ALGORITMOS DE CLASSIFICAÇÃO

Para realizar a classificação de imagens resultantes de sensores orbitais são utilizados modelos matemáticos denominados algoritmos. Dentro deste conjunto de classificadores podemos destacar os algoritmos Distância Euclidiana e Máxima Verossimilhança (MAXVER), para a classificação pixel a pixel e o algoritmo Bhattacharya para classificação por regiões.

O algoritmo Distância Euclidiana é um processo de baixo custo computacional e que depende de um treinamento supervisionado onde a média de cada classe é gerada através das amostras, em seguida cada pixel é atribuído àquela classe cuja distância euclidiana entre o valor do pixel e a média da classe for menor, ou seja, a classe da qual a média o pixel está mais próximo (CRUZ, 2008). Este método classificatório usa a informação da média das classes espectrais, a categoria do pixel é atribuída à classe cuja média está mais próxima. Freire (2006) enfatiza que na fase de treinamento supervisionado, definem-se os agrupamentos que representam as classes, sendo que cada pixel será incorporado a um agrupamento, através da análise da medida de similaridade de Distância Euclidiana. O método de classificação por Distância Euclidiana é um procedimento de classificação supervisionada que utiliza esta distância para associar um "pixel" a uma determinada classe. Para tal, definem-se os agrupamentos que representam as classes, cada "pixel" será incorporado a um agrupamento, através da análise da medida de similaridade de Distância Euclidiana (INPE, 2014) Por outro lado, o algoritmo MAXVER se destaca como o modelo matemático de classificação mais utilizado no mapeamento temático. De modo geral, o computador vai calcular o valor de determinado pixel e avaliar suas características para determinar sua classe, com base na distribuição da mesma. Todavia, após este procedimento inicial, o algoritmo de máxima verossimilhança vai analisar o contexto espacial em que este pixel está inserido, ou seja, seus vizinhos (JUNIOR, 2011).

A partir disso, é realizado o cálculo de probabilidade e o pixel pode ser classificado como outra classe adjacente ou não classificado. Este algoritmo considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos. Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade, considerando a distribuição de probabilidade normal para cada classe do treinamento (INPE, 2014).

O resultado de uma classificação utilizando o método MAXVER consiste na obtenção das amostras obtidas nas chamadas áreas de treinamento (áreas cujo tipo de cobertura é conhecido), onde são utilizadas para o ajuste de uma função de densidade de probabilidade para cada classe baseada na suposição que a mesma é normal ou Gaussiana (OLIVEIRA, 2000).

A partir desse ajuste é possível quantificar a probabilidade de um pixel pertencer a uma determinada classe atribuindo-o à classe mais provável. Para o melhor desempenho dessa técnica, é necessário que se tenha amostras grandes e representativas das classes nas áreas de treinamento escolhidas. Em relação ao processo de classificação por regiões, podemos destacar o método classificador Bhattacharya. Este se baseia no índice de probabilidade das classes desejadas, trabalhando com um par de classes de cada vez. Cruz (2008) acrescenta que o algoritmo depende diretamente do treinamento supervisionado para organizar os segmentos de acordo com a menor distância de Bhattacharya encontrada com determinada classe, associando-o à mesma. 18 O classificador Bhattacharya, trabalha com a distância que é utilizada para medir a separabilidade estatística Bhattacharya entre um par de classes, ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidade dessas classes (INPE, 2006). Menezes (2012) salienta que este classificador é usado para medir a separação estatística entre um par de classes espectrais. Ele mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais. “O classificador Bhattacharya, diferentemente do que ocorre com o Isoseg, não realiza a classificação de forma automática, exigindo uma etapa de treinamento de acordo com as regras da classificação supervisionada. As amostras são as regiões formadas na segmentação de imagens.”

Existem dois tipos básicos de classificação digital:

- Supervisionada - Classificação que demanda o conhecimento prévio de alguns aspectos da área, estas áreas são padrão de comparação com as quais todos os pixels desconhecidos serão comparados e, posteriormente, classificados. Nessa classificação, o treinamento diz respeito ao reconhecimento da assinatura espectral de cada uma das classes de uso do solo da área da imagem, para alguns classificadores (algoritmos), esse reconhecimento abrange a obtenção de parâmetros estatísticos (média, matriz de covariância, etc.) de cada classe presente na área. Para outros necessita-se somente do nível mínimo e máximo de níveis de cinza. (CROSTA, 1992).
- Não supervisionada - Este tipo de classificação é útil quando não se dispõe de um conhecimento prévio da área de trabalho. O método parte do pressuposto de que, considerando que as diferentes assinaturas espectrais se aglomeram, formando distintas classes espectrais, então estas deverão corresponder a diferentes classes temáticas.

4. MATERIAL E MÉTODO

4.1 Descrição da área de estudo

Conta a história que, no século XVI, os índios tupinambás que aqui habitavam, mergulhavam e passavam sobre a fenda, que tinha sobre a pedra que estava coberta em função da abundância de água que ali corria, desta forma, os negros escravizados, em fuga, vendo isso, faziam o mesmo e, segundo conta a história, quando eles passavam, ninguém mais os encontravam, ou seja, é a questão mística da pedra. Esse monumento aqui significa muito para o povo do axé, para o povo do candomblé, de Umbanda, que aqui cultuam suas divindades e este monumento precisa ser preservado”, defende Leonel Monteiro, da Associação de Preservação da Cultura Afro.

A Pedra de Xangô desde 2004, está sob ameaça de vandalismo por intolerância religiosa, neste ano ocorreu o desmatamento da região, o espaço de rituais começou a ficar mais visível e a ser vítima de pichações e depredações, sendo estas algumas das agressões sofridas pelo monumento. A partir de 2009, quando a ocupação começou a tomar conta da área do entorno, começam os primeiros temores de que o terreno fosse usado para especulação imobiliária e que a pedra fosse demolida, desta forma pessoas ligadas a terreiros de candomblé de áreas próximas que cultuavam o monumento, reagiram solicitando que houvesse o tombamento da Pedra. A partir daí, começa a luta pelo tombamento. Os defensores procuraram a Fundação Gregório de Mattos, O IPHAN, o IPAC, até conseguir que fosse mostrado alguma mudança na perspectiva por parte do poder público.



Figura 4 - Pedra de Xangô

Em 2016 houveram mudanças significativas, pois o Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) de 2016, apresentava a Área de Proteção Ambiental (APA) Assis Valente e o Parque em Rede Pedra de Xangô, o que deu o primeiro passo para o tombamento do Monumento Sagrado, que ocorreu no dia 03 de maio de 2017 com a presença do prefeito ACM Neto e do presidente da Fundação Gregório de Mattos (FGM), Fernando Guerreiro.



Figura 5 - Área de interesse para implantação do Parque Pedra de Xangô

Através do mapa 02A do sistema de áreas de valor ambiental e cultural – SAVAMA da lei do ordenamento do uso e ocupação do solo – LOUS, anexo 02 da lei nº 9.069/2016, foi possível criar a área de interesse do município para implantação do futuro Parque da Pedra de Xangô, conforme figura 5. Com aproximadamente 31752 m² a área delimitada está classificada no documento citado como Parque de bairro, segundo o art. 280 do PDDU, Parque de Bairro é a área pública urbanizada, com porte igual ou superior a 20.000 m², dotada ou não de atributos naturais, destinada ao convívio social, ao lazer e também à prática de esportes.

O Art. 282, indica que são diretrizes para os Parques de Bairro:

I - constituição e fortalecimento de uma rede descentralizada de Parques de Bairro abrangente a todo o território do Município e integrada aos Parques Urbanos e demais áreas do SAVAM, de modo a atender em níveis e escalas adequados às necessidades de lazer e recreação da população dos diferentes bairros de Salvador;

II - elaboração de projetos urbanísticos contemplando a conservação e valorização dos atributos naturais e construídos de cada parque, estruturando os

espaços e equipamentos para o lazer e a recreação das comunidades circunvizinhas, observando o perfil sociodemográfico e as características culturais predominantes;

III - estruturação dos espaços e equipamentos dos parques para atender às necessidades de segurança e autonomia das pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida e, principalmente, da população idosa, tendo em vista a participação crescente das pessoas com mais de sessenta anos na composição da população de Salvador;

IV - definição de estrutura de gestão integrada para a rede de parques, de modo a: a) assegurar a manutenção adequada dos espaços e equipamentos existentes; b) promover ganhos de escala na aquisição de materiais e de serviços necessários ao funcionamento dos parques; c) coordenar a realização de eventos culturais, recreacionais e esportivos, otimizando o uso dos espaços públicos e o alcance das programações a todo o território de Salvador;

V - identificação de espaços para a implantação de novos Parques de Bairro e equipamentos de recreação, com prioridade para as áreas com alta densidade de ocupação do solo e aquelas ocupadas por população de baixa renda, considerando a distribuição populacional dos diversos bairros e regiões da cidade.



MAPA DE LOCALIZAÇÃO PEDRA DE XANGÔ - SALVADOR - BAHIA



ESCALA 1:400

0 2 4 6 8 10 m



FONTES:
DIVISAS MUNICIPAIS - SEI 2017
BAIRROS DE SALVADOR - SEI 2017

ELABORAÇÃO:
ERIC OLIVEIRA DE LIMA

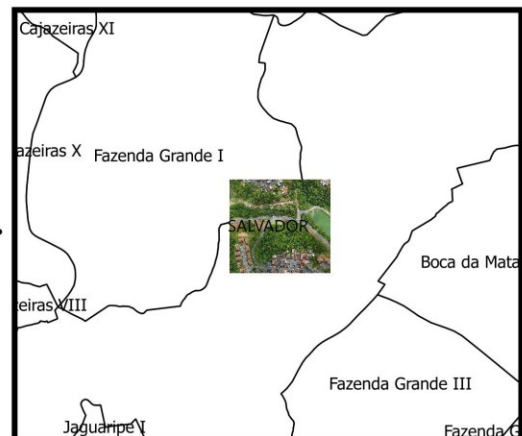
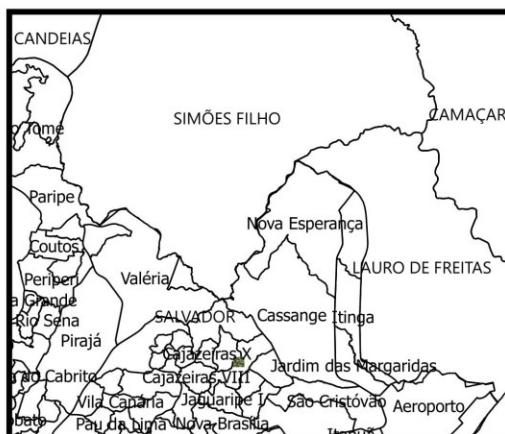


Figura 6 - Mapa de localização

4.2 MÉTODOLOGIA

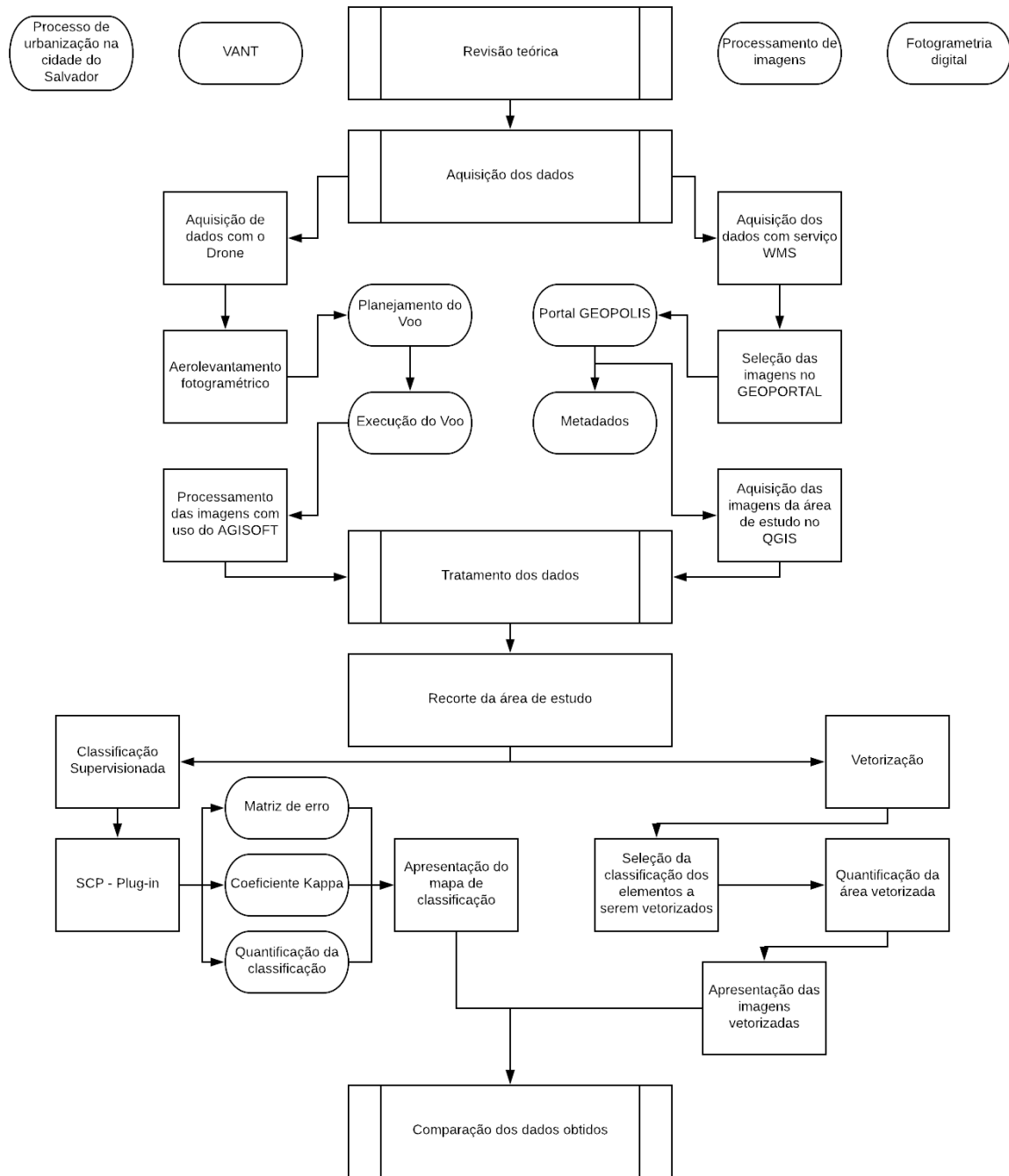


Figura 7 - Organograma das atividades

4.2.1 Materiais

Tabela 2 - Lista de materiais

Quantidade	Materiais	Propriedade
01	Notebook HP Intel® Core™ i7-6500u 2,6ghz 16Gb memória Ram	Autor
01	Software Microsoft Word 2016	Autor
01	Software Microsoft Excel 2016	Autor
01	Software SIG - QGIS v.2.14.17 Essen	Livre
01	<i>Agisoft PhotoScan Professional VERSAO 1.3.3</i>	Autor
01	Software Pix4d Capture	Autor
01	DJ Phantom 4	UFBA / DETG

4.2.2 Agisoft PhotoScan

PhotoScan é um software no qual é produzido pela empresa russa Agisoft LLC, a ferramenta tem fins comerciais onde realiza o processamento fotogramétrico de imagens digitais e gera dados espaciais em três dimensões a partir de imagens arbitrárias (Agisoft, L., 2013, Neitzel, F. and Klonowski, J., 2011, p. 3). Desenvolvido para funcionar na maior parte dos sistemas operacionais mais comercializados no planeta como, Windows, MAC OS e Linux, o software é compatível com as seguintes extensões, JPEG, TIFF, PNG, BMP ou MPO para criar modelos tridimensionais acompanhados por texturas de forma automática. Ainda assim o utilizador é capaz de introduzir alguns parâmetros durante o processamento (Verhoeven, G., 2011, p. 68).

4.2.3 QGIS v.2.14.17 Essen

Similar a outros softwares GIS, o QGIS permite ao usuário criar mapas com várias camadas usando diferentes projeções de mapa. Mapas podem ser montados em diferentes formatos e para diferentes usos. QGIS permite compor mapas a partir de camadas raster e/ou vetoriais. Típico deste tipo de software, os dados podem ser armazenados como pontos, linhas ou polígonos. Diferentes tipos de imagens raster são suportadas e o software tem capacidade de georreferenciar imagens.

5. AQUISIÇÃO DOS DADOS

5.1 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS ATRAVES DO DRONE

No dia 17 de maio de 2018, junto com o professor Mauro Alixandrini foram feitos 03 voos no bairro de Cajazeiras com o objetivo de obter através do drone DJ Phantom 4, imagens da área de estudo para compor uma ortofotos com os elementos propostos neste estudo.



Figura 8- DJ Phantom 4

Tabela 3 - Especificidades do VANT

Peso total	1,380 kg
Diagonal	350 mm (sem hélices)
Velocidade máxima de subida	6 m/s
Velocidade máxima de descida	4 m/s
Velocidade máxima	20 m/s ou 72 km/h (modo Sport)
Tempo de voo máximo	cerca de 28 minutos
Distância do sensor de obstáculo	0,7 metro a 15 metros
Resolução de vídeo	4K a 24 fps; 2,7K (2704×1520) a 24, 25 e 30 fps; Full HD (1920×1080) a 24, 25, 30, 48, 50, 60 e 120 fps; HD (1280×720) a 24, 25, 30, 48, 50 e 60 fps
Bitrate máximo de vídeo	60 Mbps
Formato de vídeo	MP4 / MOV (MPEG – 4 AVC/H.264)
Sensor da câmera	12 MP (1/2.3")

Lente	20 mm com f/2.8 e campo de visão de 94°
Velocidade do obturador	8s - 1/8000s
Tamanho máximo de imagem	4000×3000 pixels
Formatos de foto	JPEG, DNG (RAW)
Bateria do drone	5.350 mAh
Bateria do controle	6.000 mAh
Frequência do controle	2.4 GHz a 2.483 GHz
Temperatura para operação	0°C a 40°C
Localização	GPS / GLONASS

5.2.2 Execução do Voo

Ao realizar o levantamento com o drone primeiramente é importante executar um bom plano de missão, ter o conhecimento da autonomia de voo da aeronave, tempo da bateria e o tipo de sensor da câmera embarcada, isso tudo deve ser levado em consideração para que o levantamento seja bem executado e não causar transtornos com a aeronave.

5.2.3 Planejamento de voo

Para essa etapa foi utilizado o App Pix4Dcapture, necessário para todo o planejamento e execução do voo, o pix4d é um conjunto de produtos de software que utiliza algoritmos de fotogrametria e visão computacional para transformar imagens RGB e multiespectrais em mapas e modelos 3D, o software é desenvolvido e fornecido pela empresa Pix4D SA. Após fazer acesso ao App, foi selecionado a missão do tipo grid para planejar e voar, na etapa seguinte foram ajustados os seguintes parâmetros:

Tabela 4 - Primeiro voo

Altitude do voo	100m
GSD (Varia de acordo com a atitude do voo)	4.38cm/px
Velocidade	Slow
Ângulo da câmera	Vertical 90°
Overlap	80%
Face	Forward
Escala de levantamento	1/5000

Tabela 5 - Segundo voo

ALTITUDE DO VOO	100M
GSD (VARIA DE ACORDO COM A ATITUDE DO VOO)	4.38cm/px
VELOCIDADE	Slow
ÂNGULO DA CÂMERA	Vertical 90°

OVERLAP	80%
FACE	Forward
ESCALA DE LEVANTAMENTO	1/5000

Tabela 6 - Terceiro voo

ALTITUDE DO VOO	70M
GSD (VARIA DE ACORDO COM A ATITUDE DO VOO)	3.06cm/px
VELOCIDADE	Slow
ÂNGULO DA CÂMERA	Vertical 90°
OVERLAP	80%
FACE	Forward
ESCALA DE LEVANTAMENTO	1/3500

A partir dessas informações o software gerou um plano ideal para a realização de cada voo.

5.2.4 Acompanhamento do voo

Depois de iniciado o voo, foi verificado na interface do app os parâmetros de voo como: altitude, velocidade da aeronave, velocidade do vento e estabilidade para garantir que as fotos estejam sendo tomadas de forma correta. No terceiro e último voo a chuva iniciou sendo necessário abortar a missão antes de ser finalizada, pois poderia gerar algum dano ao drone, o drone foi operado até o ponto de pouso planejado e recolhido para verificação.

Após a finalização das missões foram geradas na tomada 1 um conjunto com 86 imagens e 421mb, na tomada 2 um conjunto de 56 imagens com 277mb e a terceira tomada um conjunto com 97 imagens com 480mb.

5.2.5 Processamento das fotografias aéreas

Para o processamento e geração ortofotos digitais por meio das imagens geradas, será utilizado o *software Agisoft PhotoScan Professional VERSAO 1.3.3*, através deste software serão executadas as etapas principais para a obtenção das ortofotos digitais e um notebook HP com processador i7 com 16gb memória e placa de vídeo dedicada. Neste processo foi obtida a matéria-prima do voo, ou seja, todo o material cartográfico que interessa para realizar as análises e medições dentro do terreno mapeado. Após o carregamento das 239 imagens pré-selecionadas foi seguido o fluxo de trabalho já indicado pelo software, onde compõe de 6 etapas, que serão descritas nas figuras a seguir numeradas de 8 até 16. Porém foi necessário primariamente eliminar as imagens que apresentam falhas visuais.

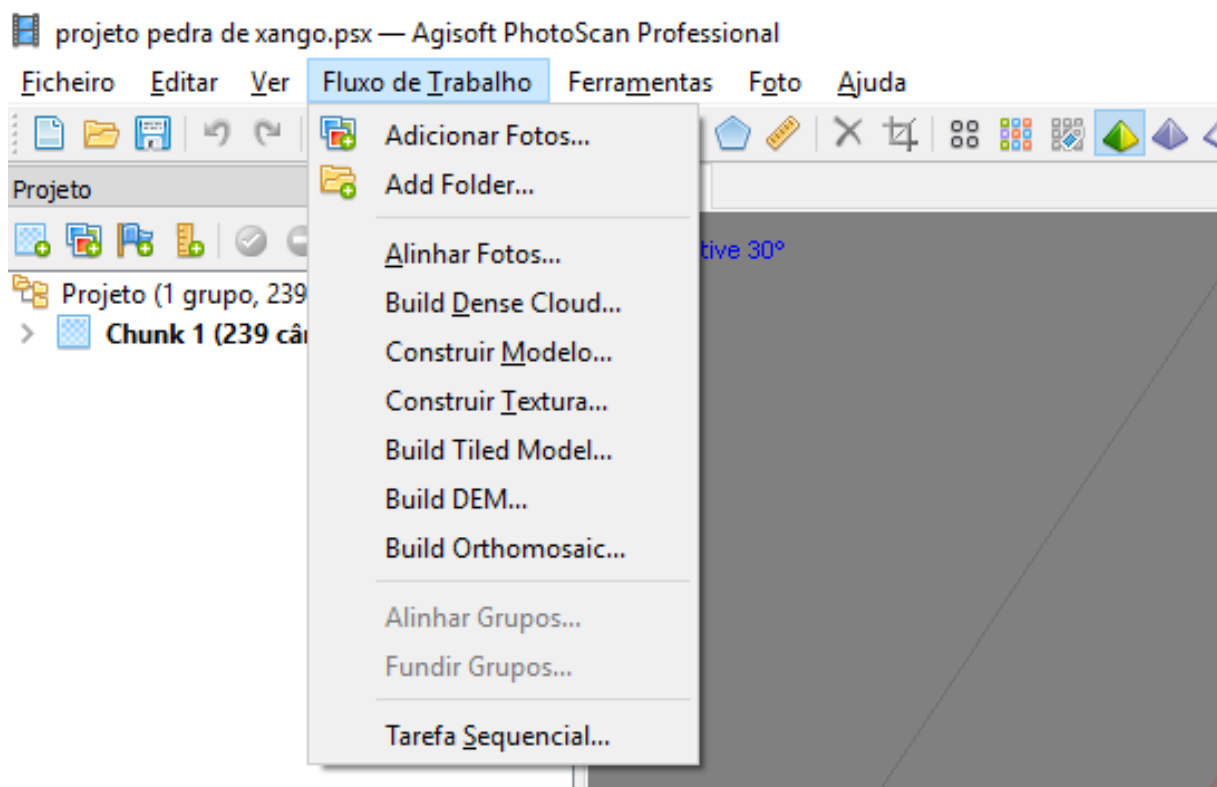


Figura 9 - Fluxo de Trabalho

- Etapa 01 – Alinhar fotos

Esta é a primeira etapa que devemos executar na aba fluxo de trabalho, onde é realizado o processo de Foto triangulação, técnica fotogramétrica que determinar as coordenadas do terreno em relação a um referencial de terreno. O resultado final é a geração da nuvem de “tie points” ou pontos fotogramétricos onde sua função é materializar o sistema de coordenadas do terreno. É produto básico para geração da nuvem de pontos densificadas, modelos 3D e ponto ligação entre as ortofotos no processo de formação dos mosaicos e geração do mosaico de ortofotos. Nesta etapa também podem ser inseridos os pontos de apoio coletados em campo, porem neste estudo foi verificado que não há uma obrigatoriedade da coleta dos pontos para melhorar a precisão posicional da nuvem de pontos.

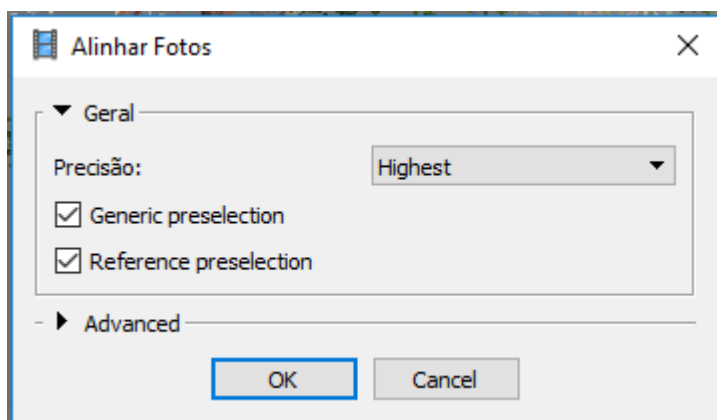


Figura 10 - Alinhar fotos

- Etapa 02 – Construir nuvem densificada

A principal função desta etapa é densificar a nuvem de pontos gerada no processo anterior, basicamente o software irá aumentar a quantidade de pontos na nuvem de pontos diminuindo os espaços vazios para representar melhor a área mapeada. Este produto é usado para gerar o MDS e o MDT.

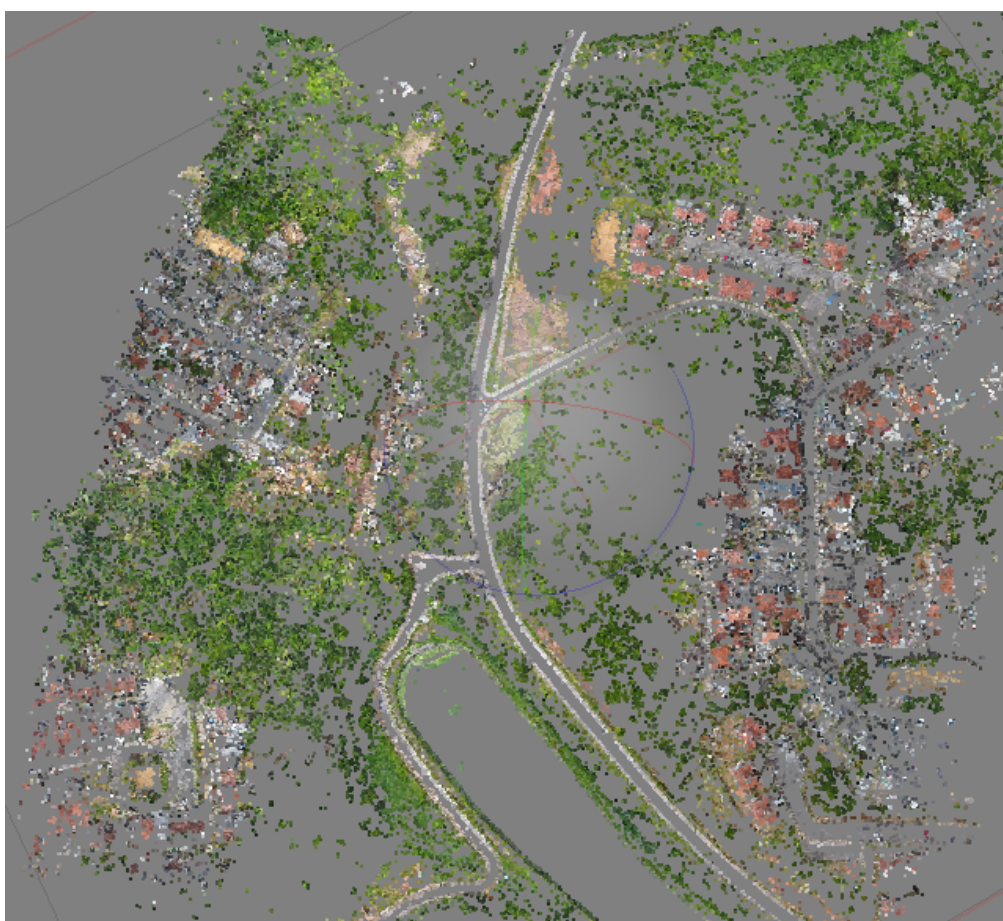


Figura 11 - Nuvem de pontos

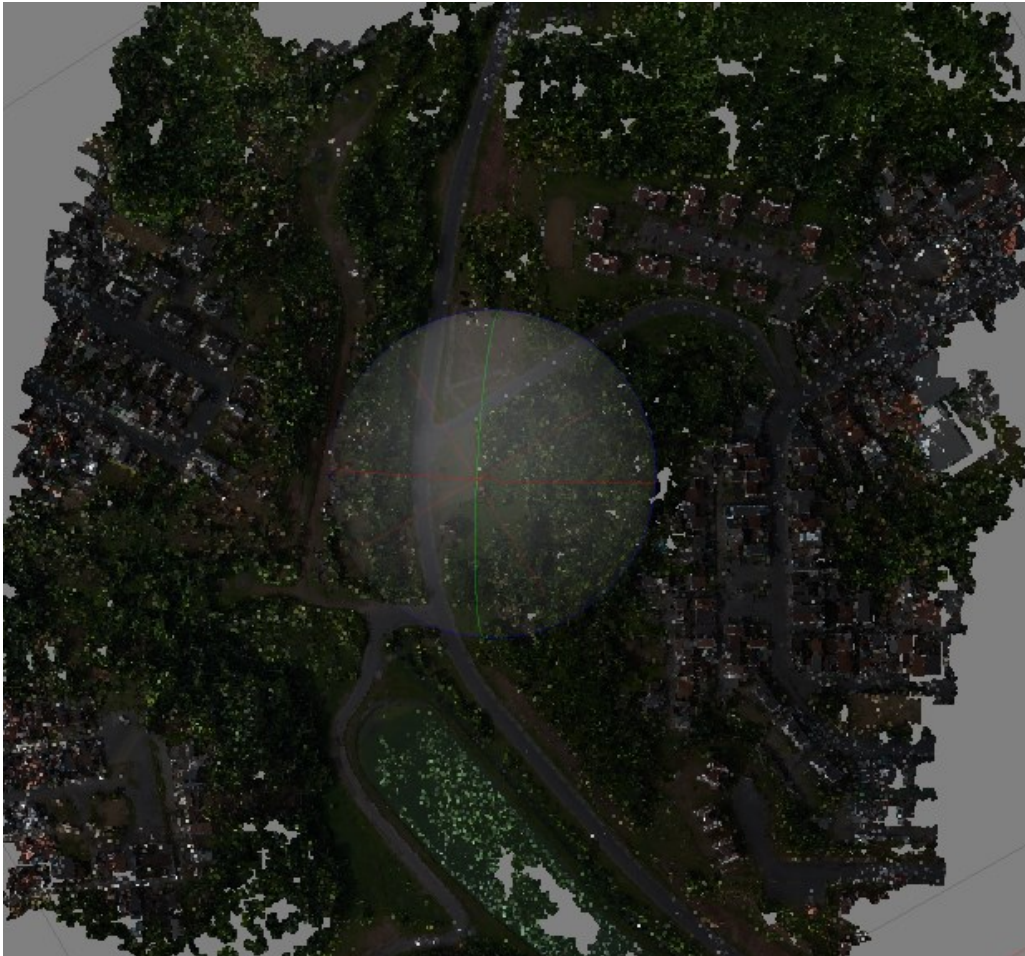


Figura 12 - Nuvem de pontos densificado

Etapa 03 – Construir modelo

Com a nuvem de pontos densificada é possível no software gerar superfícies tridimensionais ou se preferir modelos 3D. Este produto é muito interessante pois é possível representar de forma fiel o terreno mapeado tridimensionalmente. Nesta etapa é possível representar o MDS e após uma filtragem da nuvem de pontos o MDT.

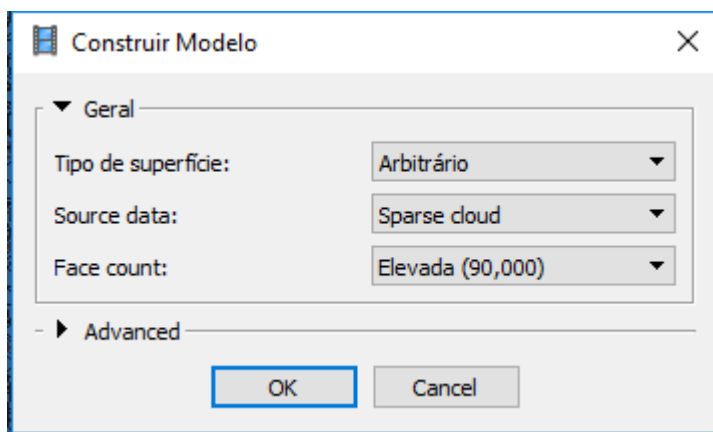


Figura 13 – Construção do modelo

Etapa 04 – Construir textura

O objetivo desta etapa é somente aplicar uma textura no modelo tridimensional para melhorar o aspecto visual do modelo.

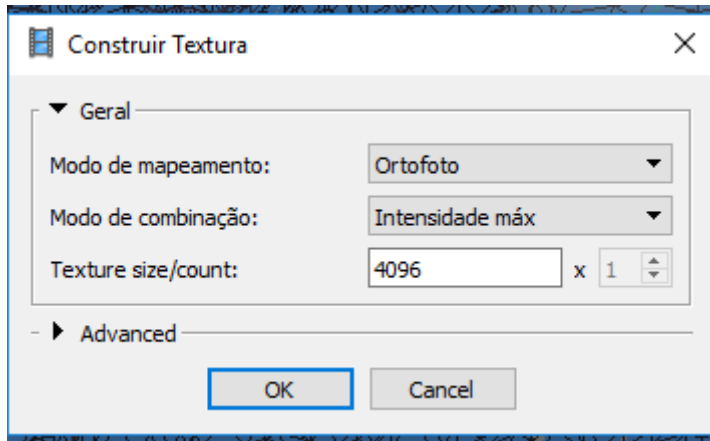


Figura 14 - Construção da textura

Etapa 05 – Construção da DEM

Na construção do Modelo Digital de Elevação (MDE) os produtos gerados são uma representação 2D em formato raster (imagem) do MDS e MDT.

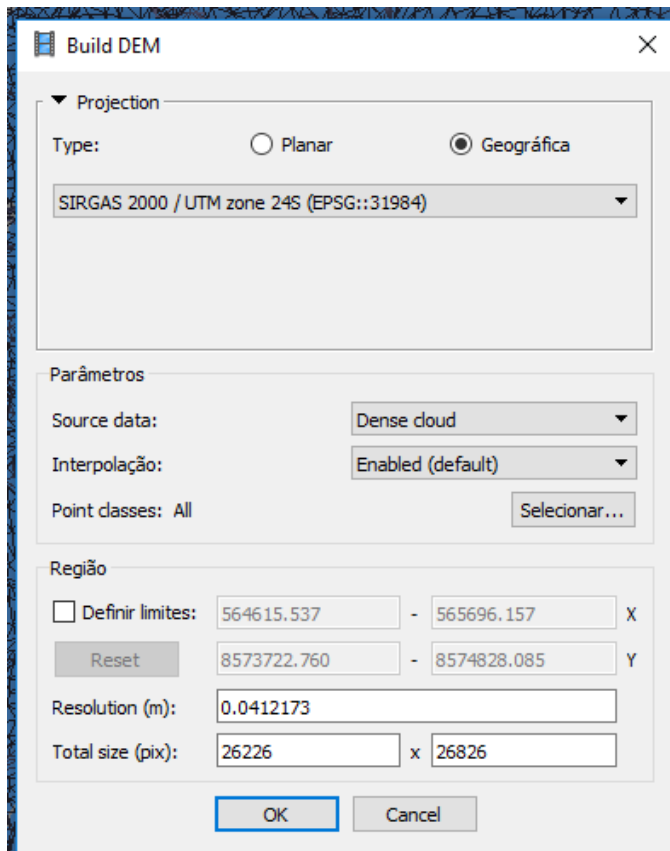


Figura 15 - Construção da MDE

Etapa 06 – Construção do ortomosaico

Para gerar o mosaico de ortofotos inicialmente será realizado o processo de ortorretificação das imagens, onde as feições das imagens são projetadas ortogonalmente, com escala constante, não apresentando os deslocamentos devidos ao relevo e à inclinação da câmera. Com as imagens devidamente corrigidas o software realiza a mosaicagem das ortofotos e cria um único produto.

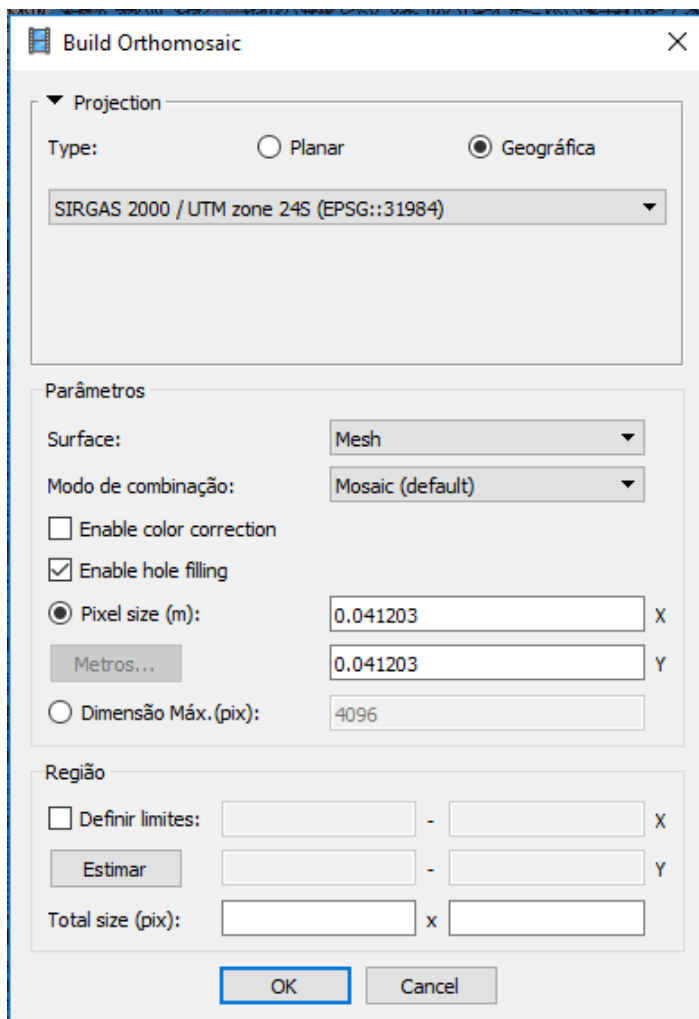


Figura 16 - Construção do ortomosaico

Por fim, após a sequência das etapas apresentadas acima, foi gerado o ortomosaico com todas as informações visuais da área de estudo e verificado que nas bordas ocorreram distorções característicos do equipamento utilizado.



Figura 17 - Ortomosaico da área de estudo

5.2.5 AQUISIÇÃO DAS IMAGENS WMS ATRAVES DO GEOPOLIS

Atualmente os serviços web de mapas conhecidos como WMS (Web Map Service) permitem a publicação e disponibilização de grandes bancos de dados espaciais na internet e a ligação destes com aplicativo desktop como ArcGIS e QGIS. Alguns órgãos públicos disponibilizam algumas propriedades georreferenciados atuais e de outros anos em suas bases de dados. As imagens apresentadas neste trabalho do serviço de WMS foram extraídas do site GEOPOLIS da CONDER-BAHIA (<http://geopolis.ba.gov.br/>).

Na barra de ferramenta à direita do portal, são apresentadas as bases cartográficas, bases temáticas, imagens, limites territoriais e administrativos, mapas digitais e marcos geodésicos, conforme figura abaixo.

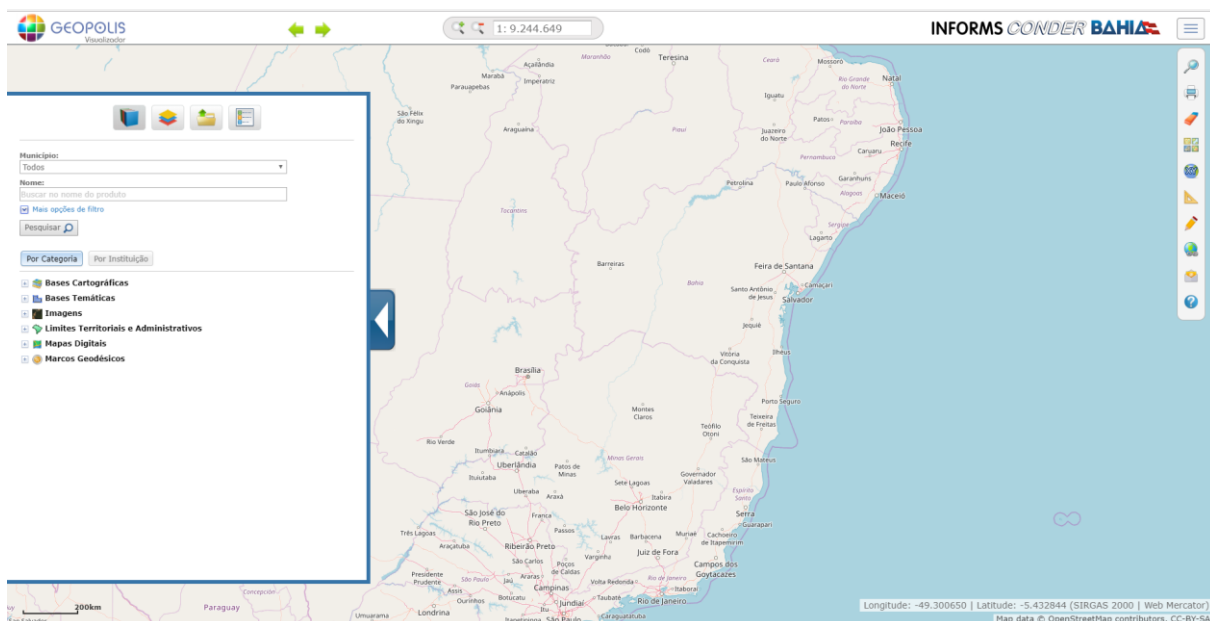


Figura 18 - Portal GEOPOLIS

Desta forma é possível navegar entre as opções disponíveis e através da visualização do SIG, encontrar qual imagem e a data da mesma para visualização no QGIS ou outro SIG desktop que tenha a ferramenta necessária para visualizar imagens do serviço WMS.

O GEOPOLIS disponibiliza além do endereço do serviço WMS, o metadados de cada camada geoespacial, conforme figura abaixo.

Metadados
<p> Serviço WMS - Ortofoto da Sede Municipal de Salvador - 2006</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Identificador do Metadado: 55e31c50-eb14-416c-b0d4-89775b03dbd7 ● Tipo: Serviço ● Resumo: Serviço de mapas conforme previsto no padrão OGC WMS (Open Geospatial Consortium Web Map Service). Este serviço publica a ortofoto da sede municipal de Salvador do ano de 2006, do Banco de Dados Geográficos da CONDER\INFORMS. ● Palavras-Chave: Salvador, WMS, aerofotogrametria, aerofoto <hr/> <p>Url Serviço WMS https://maps.informs.conder.ba.gov.br/arcgis/services/MOSAICO/SALVADOR_002K_2006/ImageServer/WMServer</p> <hr/> <p>Geoportal IDE Bahia http://geoportal.ide.ba.gov.br</p>

Figura 19 - Metadados GEOPOLIS

Um serviço WMS pode ser usado de forma simples e rápida com recurso a um software SIG. Existem diversos softwares Open Source e proprietários que permitem a utilização de serviços de visualização dados geográficos WMS. Neste trabalho será utilizada o software QGIS 2.14.17, para visualização dos dados WMS e posteriormente sua extração.

O QGIS pode ser obtido em: <http://www.qgis.org/>

Depois de instalado, em ambiente QGIS escolher “ Adicionar camada(s) a partir de um servidor WMS/WMTS” no menu lateral escolher “Camada” seguido de “Adicionar camada” a partir do superior.

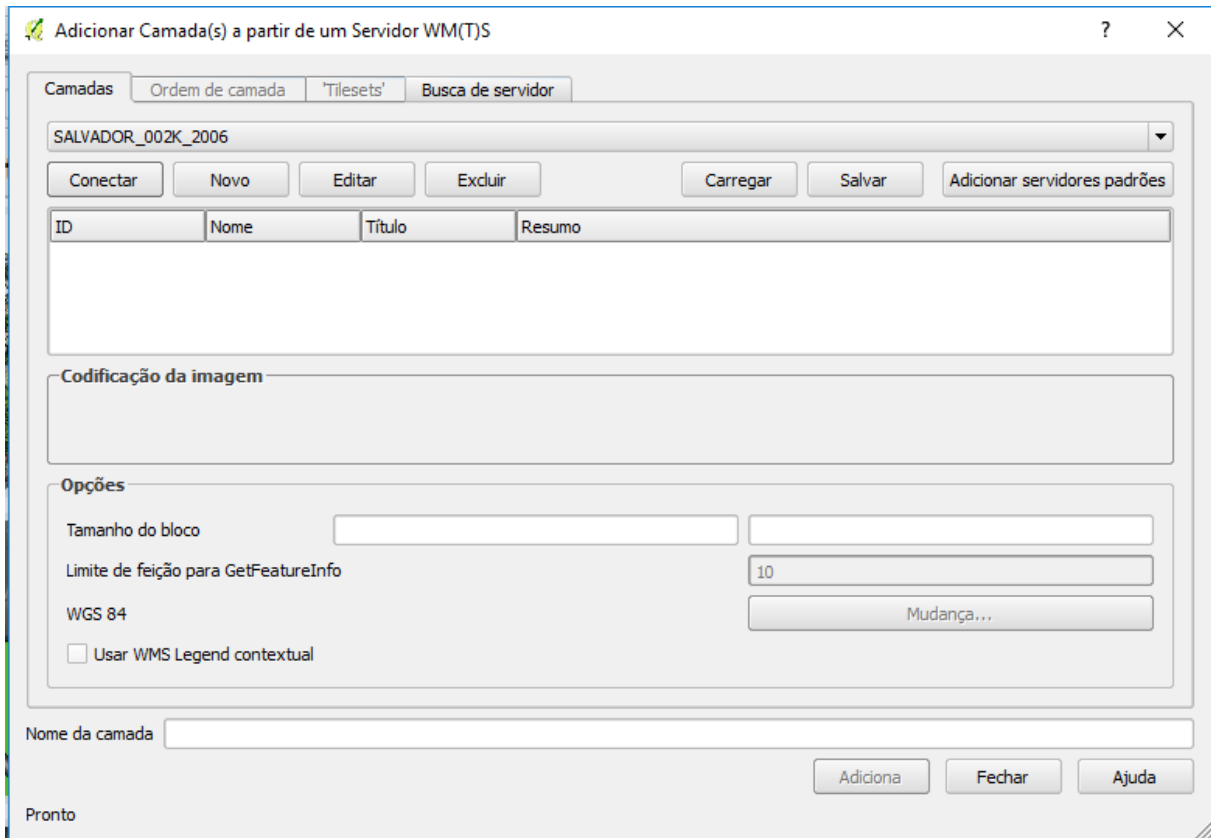


Figura 20 - Ferramenta de adição camada WMS

Selecionar “Novo”, indicar qual o nome do serviço e qual o endereço URL do WMS e selecionar “OK”.

Carregar o serviço selecionando “Conectar” e escolher o(s) tema(s) a visualizar
Por fim finalizando a apresentação dos dados no QGIS, conforme figura.

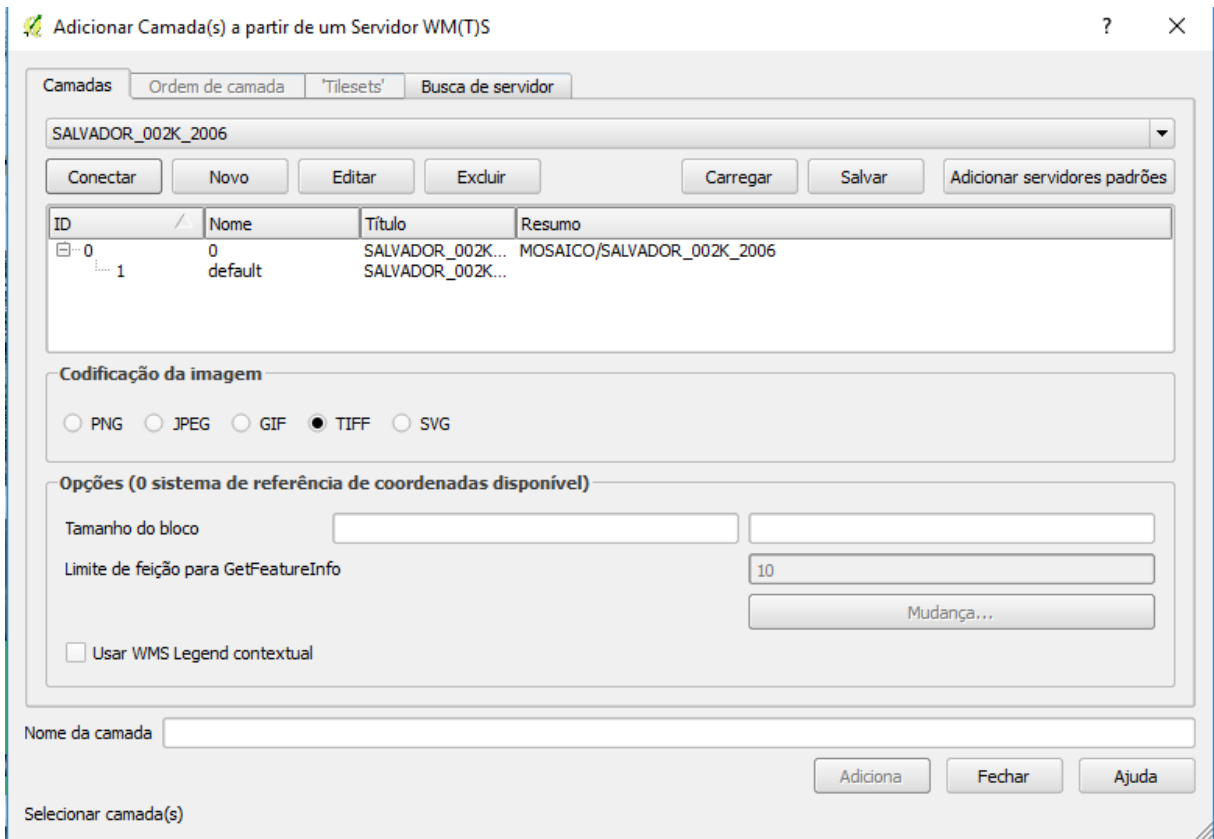


Figura 21 - Ferramenta de seleção das camadas WMS

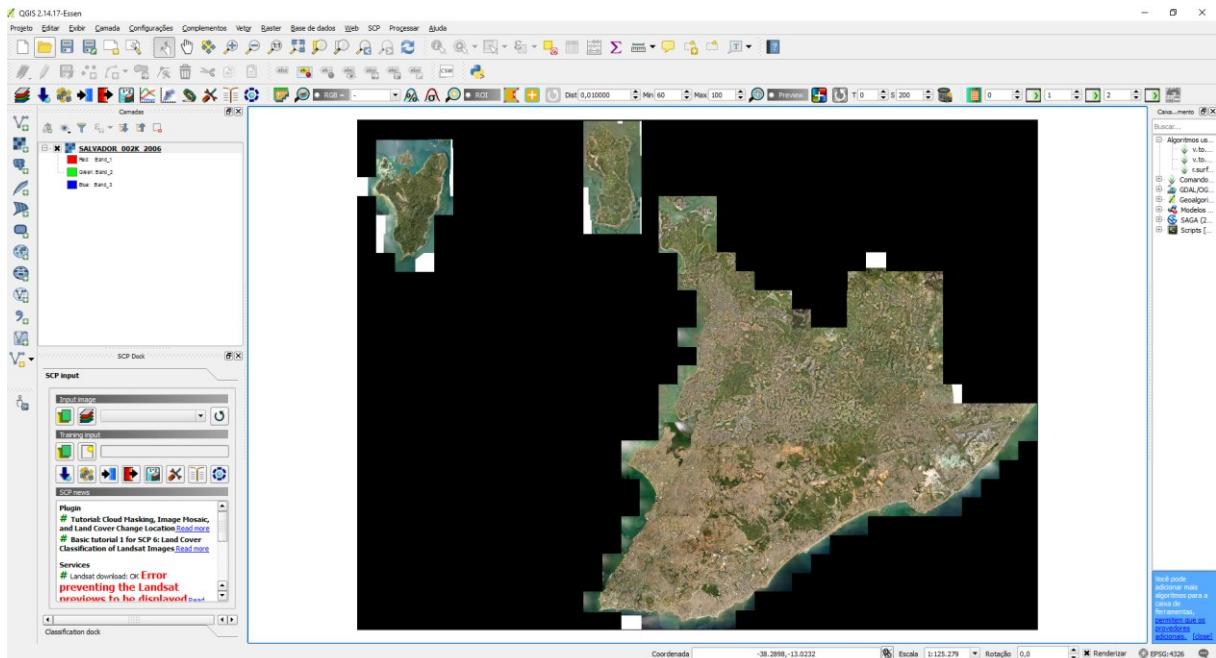


Figura 22 - Apresentação da camada WMS

Este processo foi feito para todas as camadas que fizeram parte da seleção para este estudo, resultando ortofotos de toda a RMS (Região Metropolitana de

Salvador). Desta forma é necessário efetuar o recorte para enquadrar as imagens dentro da área de estudo pretendida, este recorte foi feito através da ferramenta cortador dentro do próprio QGIS, utilizando as coordenadas apresentadas abaixo, usando como molde a ortofoto gerada com o uso do drone.

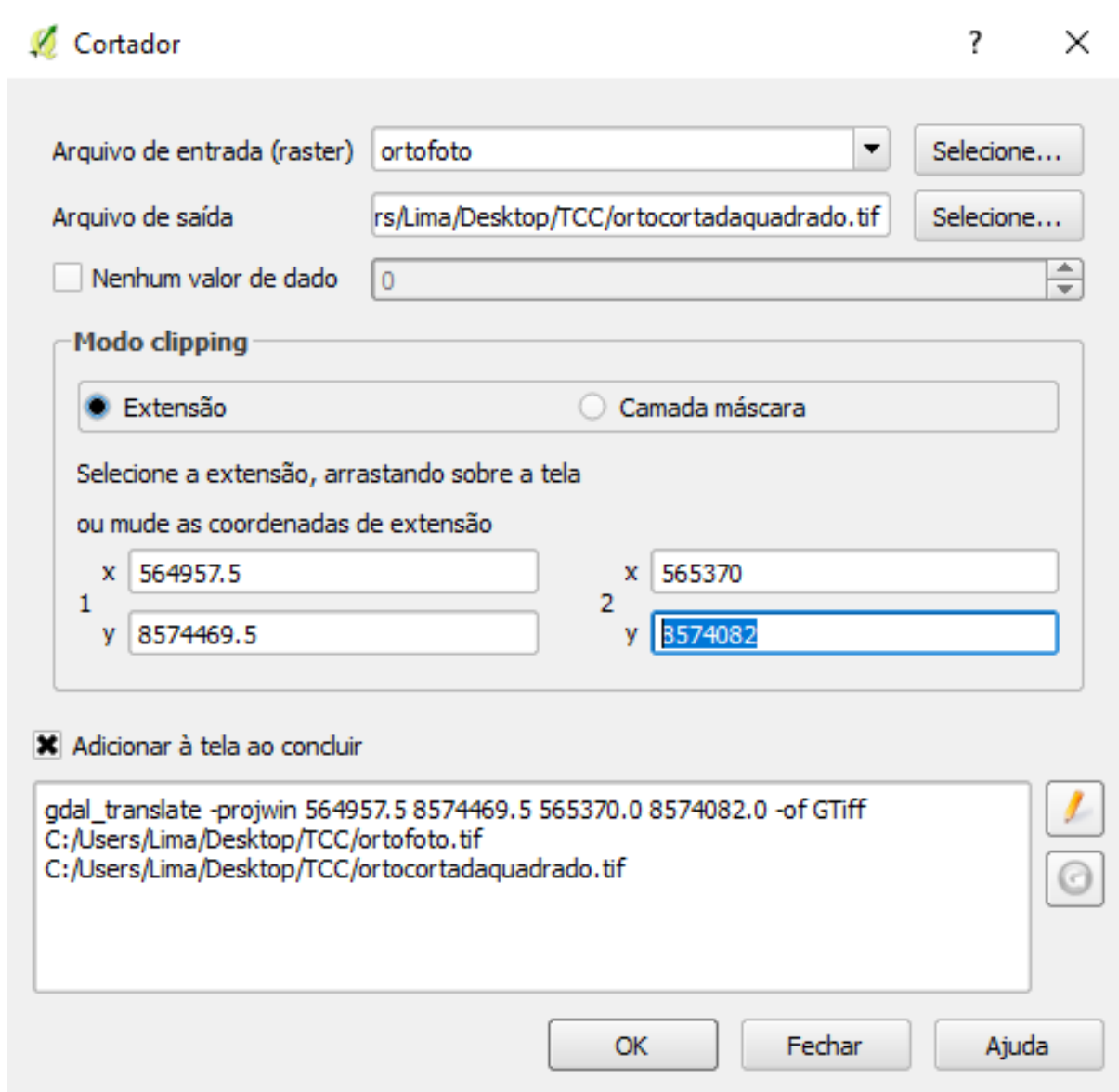


Figura 23 - QGis - Cortador

Após o recorte das áreas de estudo obtive imagens georreferenciados da área de estudo.



Figura 24 - Ortofoto – DJ Phatom 4 2018 cortada

Através do serviço WMS do Geoportal, foram selecionadas 3 imagens, ano 1989, 2006 e 2016. Estas imagens foram escolhidas por não ter nuvens e em função da facilidade de seu acesso, estas imagens são apresentadas nas figuras 24, 25 e 26 com intuito de apresentar as imagens antes de receberem tratamento, classificação e vetorização.



Figura 25 - Área de estudo (1989)

A figura 25 apresenta a área de estudo do mosaico de fotografia aérea de Salvador do ano de 1989, na escala de voo 1:10.000, do Banco de Dados Geográficos da CONDER\INFORMS.



Figura 26 - Área de estudo (2006)

A figura 26 apresenta a área de estudo do mosaico de serviço de mapas conforme previsto no padrão OGC WMS (Open Geospatial Consortium Web Map Service). Este serviço publica a ortofoto da sede municipal de Salvador do ano de 2006, do Banco de Dados Geográficos da CONDER\INFORMS.



Figura 27 - Área de estudo (2016)

Tabela 7 - Descrição das fotografias utilizadas

Fotografia	Ano	Tipo	Fonte
01	1989	Aerofotogramétrica	CONDER/INFORMS
01	2006	Aerofotogramétrica	CONDER/INFORMS
01	2016	Aerofotogramétrica	CONDER/INFORMS
01	2018	Drone	DJ Phantom 4

5.2.6 CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DAS IMAGENS DA AREA DE ESTUDO

5.2.6.1 SCP – Semi Automatic Classification Plugin

O SCP é um plug-in do QGIS desenvolvido por Luca Congedo e utilizado para a classificação semiautomática de imagens de sensoriamento remoto (CONGEDO, 2015). Esta ferramenta concede a de forma dinâmica a construção de áreas de

treinamentos ou ROI – Region Of Interest (Regiões de interesse) que são armazenados em formato Shapefile conjuntamente com o QGIS. Desta forma as assinaturas espectrais das áreas de treinamento são calculadas automaticamente, permitindo a visualização dos resultados através de um gráfico. O plug-in além de permitir a manipulação dos dados visuais, também possui ferramentas internas para download e manipulação de imagens Landsat e Sentinel, além de diversos algoritmos de classificação, que podem ser usadas de forma distinta de acordo com a necessidade do usuário e seu objeto.

Nesta etapa deste estudo foi efetuada a classificação supervisionada utilizando o plug-in SCP, com o objetivo de categorizar a cobertura do solo de acordo com a tabela apresentada abaixo.

Tabela 8 - Descrição das classes

Classes da área de estudo	Descrição
Ocupação urbana	Área ocupada por construções em lotes de diversas áreas / Estradas, ruas e áreas asfaltadas.
Vegetação	Forma de vida vegetal que cobre o solo.
Solo exposto	Sem cobertura vegetal ou construção, com destinação indefinida.
Rios / Lagos	Deslocamento de água / Grande ou pequeno volume de água acumulada.

Neste processo também será apresentada a acurácia geral da classificação e o coeficiente Kappa de cada classe gerada, utilizando uma função interna do plug-in. Após a instalação do Plug-in, foi adicionada cada imagem georreferenciados e cortada dentro da limitação escolhida e apresentada no item anterior.

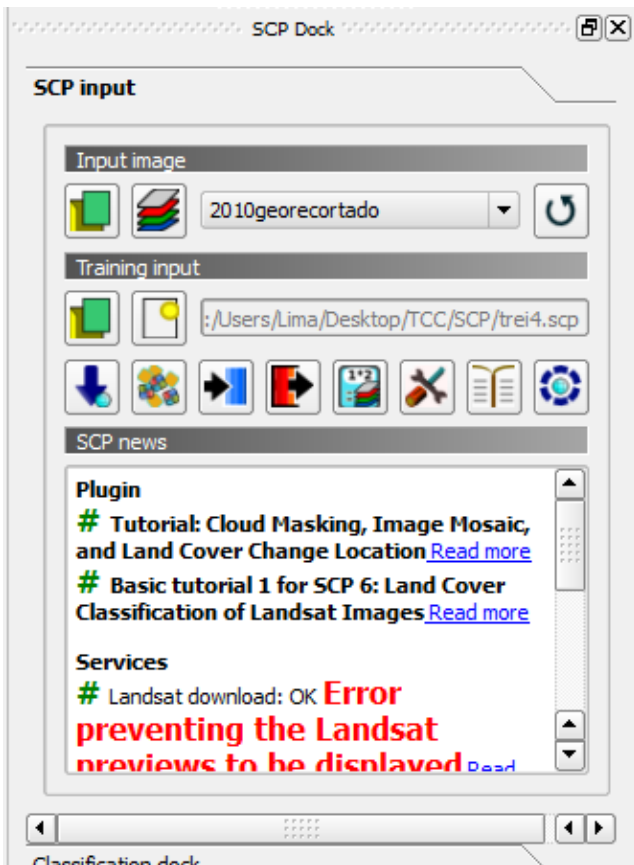


Figura 28 - SCP Dock

A primeira etapa da classificação consiste em definir categorias de interesse por meio da seleção de amostras. Primeiramente foi habilitado o painel SCP: ROI creation, para a criação do arquivo de treinamento. Logo após, foi aberto o painel SCP: Classification e salvo o arquivo que conterá as assinaturas espectrais, este mesmo arquivo pode ser aberto para outras classificações que tenham uma a mesma resposta espectral, diminuindo o tempo de manuseio do plug-in para outras classificações. Conforme apresentado a tabela acima, foram criadas 4 categorias (Ocupação urbana, vegetação, solo exposto, rios/Lagos).

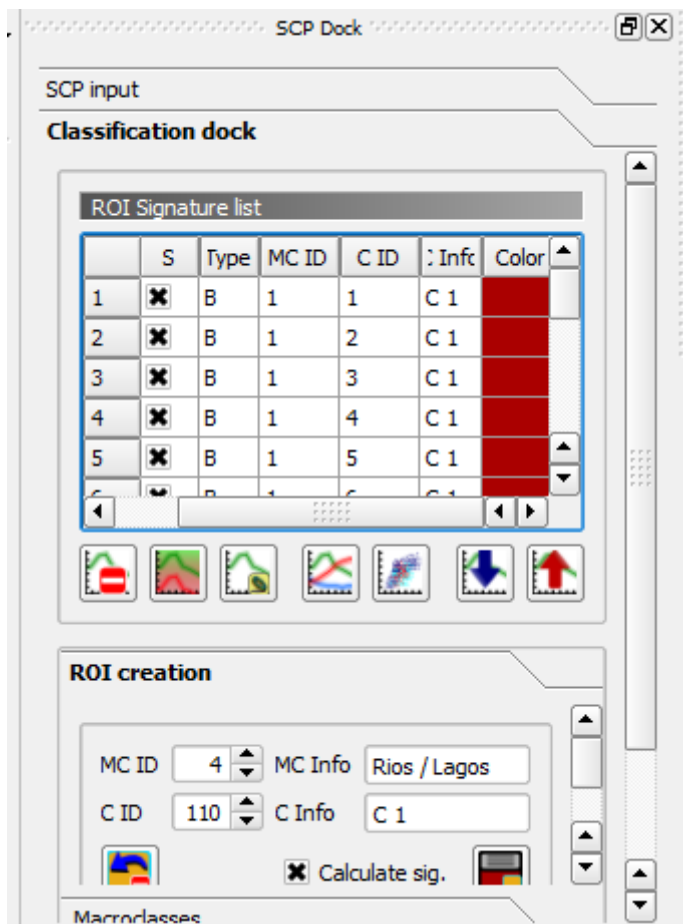


Figura 29 - Criação das categorias

Com a imagem carregada e utilizando o botão de criação de polígono de ROI, é possível selecionar as categorias equivalentes na imagem, quanto maior a quantidade de seleções para a classe escolhida melhor será o retorno por parte da classificação. NO QGis a inserção das categorias se apresenta da seguinte forma.



Figura 30 - Amostras para classificação

Após a inserção das categorias na aba de classificação foi escolhido o algoritmo “Minimum Distance” e selecionado “Classification report” para se obter os dados referente a acurácia e coeficiente Kappa. Assim como a acurácia geral, o coeficiente Kappa quantifica a concordância entre a escolha de amostras realizada pelo observador e a escolha feita de forma aleatória, incluindo neste cálculo um fator que subtrai a interferência do acaso. O SCP calcula este coeficiente através da opção “Accuracy”, selecionando o TIFF gerado e o shape de seleção gerada pelo plug-in, onde o mesmo efetua o cálculo comparando as amostras geradas na classificação com as amostras aleatórias.

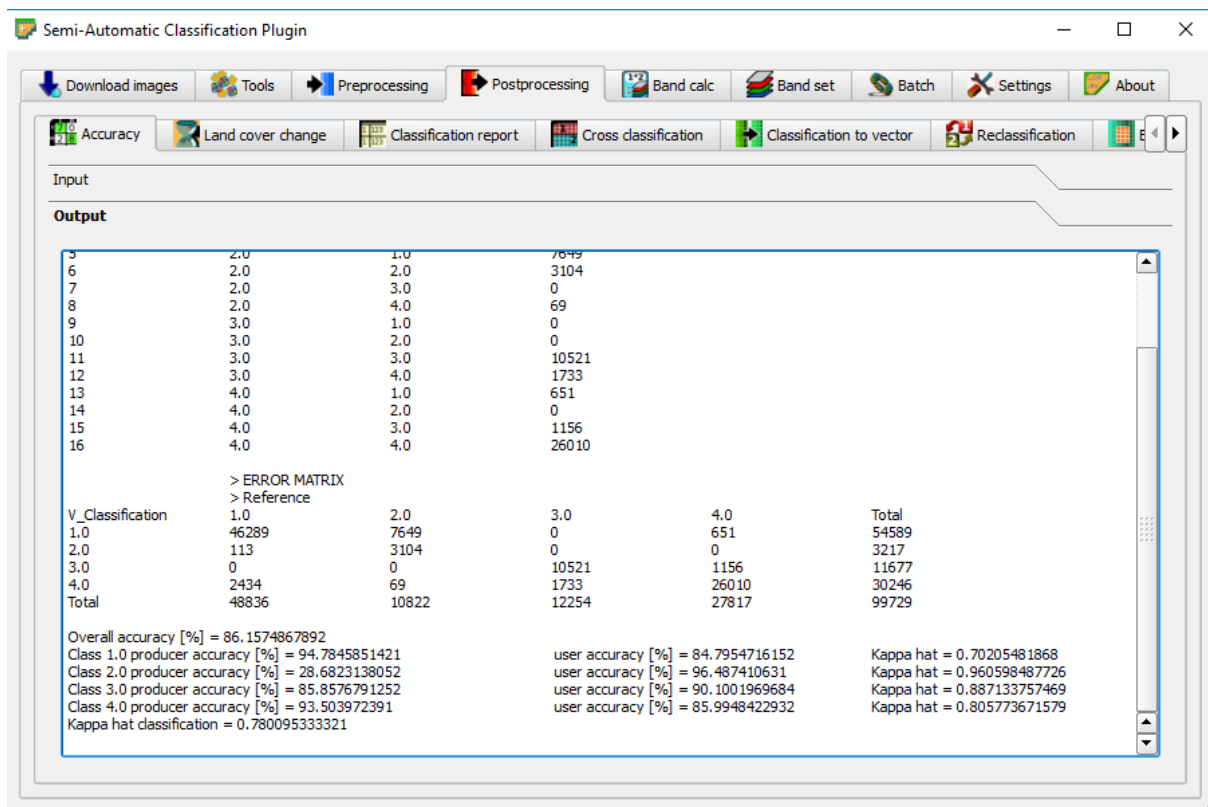


Figura 31 - Resposta da acurácia

Este procedimento foi feito para todas as imagens selecionadas e serão apresentadas com seus respectivos resultados gráficos e numéricos.

Por fim, então, após o cálculo do coeficiente Kappa que, assim como a acurácia geral, quantifica a concordância entre a escolha de amostras realizadas pelo observador e a escolha feita de forma aleatória, incluindo neste cálculo um fator que subtrai a interferência do acaso. Podendo ser avaliada pela Tabela do índice Kappa, desenvolvida por Landis e Koch (1977), que associa a um determinado intervalo de valores Kappa um grau de qualidade do mapa temático.

Tabela 9 - Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Índice Kappa	Qualidade do mapa temático
<0,00	Muito Ruim
0,00 ~ 0,20	Ruim
0,20 ~ 0,40	Razoável
0,40 ~ 0,60	Boa
0,60 ~ 0,80	Muito boa
0,80 ~ 1,00	Excelente

5.2.7 Pós processamento

Após o processo de classificação, é útil avaliar a precisão da classificação da cobertura da terra, a fim de identificar e medir erros no mapa. Neste caso a avaliação da precisão foi realizada com o cálculo da matriz de erro, que é uma tabela que compara as informações do mapa com os dados de referência (ou seja, dados verdadeiros do solo) para um número de áreas de amostragem (Congalton & Green, 2009).

A tabela a seguir é um esquema da matriz de erros, onde k é o número de classes identificadas na cobertura da terra na classificação e n é o número total de unidades de amostra coletadas. Os itens na diagonal principal são os número de amostras identificadas corretamente, enquanto os outros itens são erros de classificação.

Tabela 10 – Esquema da matriz de erro

	Ground truth 1	Ground truth 2	...	Ground truth k	Total
Classe 1	a11	a12	...	a1k	a1+
Classe 2	a21	a22	...	a2k	a2+
...
Classe K	ak1	ak2	...	akk	ak+
Total	a+1	a+2	...	a+k	n

Portanto, é possível calcular a precisão geral como a razão entre o número de amostras que são corretamente classificados (soma da diagonal maior), e o número total de unidades amostrais n (Congalton e Green, 2009).

A classificação é uma comparação com o arquivo de referência ou shapefile de referência (que é convertido automaticamente em rasterização). Se um shapefile é selecionado como referência, é possível escolher um campo que descreva os valores das classes. Várias estatísticas são calculadas, como precisão geral, precisão do usuário, precisão do produtor e coeficiente Kappa. A saída é uma imagem de erro que é um arquivo .tif mostrando os erros no mapa, onde os valores de pixel representam o categorias de comparação (ou seja, combinações identificadas pela matriz de erro entre a classificação e referência. Além disso, um arquivo de texto contendo a matriz de erros (ou seja, um arquivo .csv separado por tabulação) é criado com o mesmo nome definido para o arquivo .tif (Congedo, 2018).

Após geração dos produtos finais, foi possível analisar e comparar estes resultados, através de dados qualitativos e quantitativos.

6. Resultados da classificação da área de estudo

Logo abaixo são apresentados os valores correspondentes a área de classificação, matriz de erro e acurácia das classificações para os anos de 2006, 2016 e 2018. Com os dados calculados das estatísticas da classificação, é possível identificar a acurácia para cada classificação, sendo a mesma tabelada com valores para a identificação por parte do usuário e por parte do algoritmo do plug-in.

Tabela 11 - Área de classificação (2006)

Classes	Pixels	Porcentagem(%)	Área [m²]
Vegetação	269422	53	83951,5
Solo exposto	128968	25	40186,2
Ocupação urbana	114476	22	35670,5

Tabela 12 - Matriz de erro (2006)

	Vegetação	Solo Exp.	Ocup. Urb.	Total
Vegetação	983	190	929	929
Solo Exp	3	6632	3240	9875
Ocup. Urb	1	705	19128	19834
Total	987	7527	23297	31811

Apesar da classificação da imagem de 2006 apresentar um índice Kappa de 0.65, que está classificado como “Muito boa”, ao separarmos os indicadores das classes, podemos verificar que as classificações de solo exposto e vegetação, foram os que apresentaram maior erro estatístico na classificação. Como a imagem de 2006, foi extraída de um serviço WMS, o mesmo não apresenta uma imagem com boa qualidade, ao mesmo tempo a imagem não apresenta uma grande quantidade de sombra o que impacta de forma positiva uma resposta final dentro do esperado, pois a ocupação urbana consegue obter uma classificação no índice Kappa adequado, por tanto para esta imagem, podemos dizer que para obter acesso aos dados de edificações, ela atende ao objetivo proposto.

Tabela 13 - Acurácia das classificações (2006)

Acurácia Global(%)	84.0684040112	
Acurácia do Produtor (%)	Acurácia do Usuário(%)	Índice Kappa
99	46	0.45
88	67	0.56
82	96	0.86
Índice Kappa	0.65	Muito boa



CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - 2006

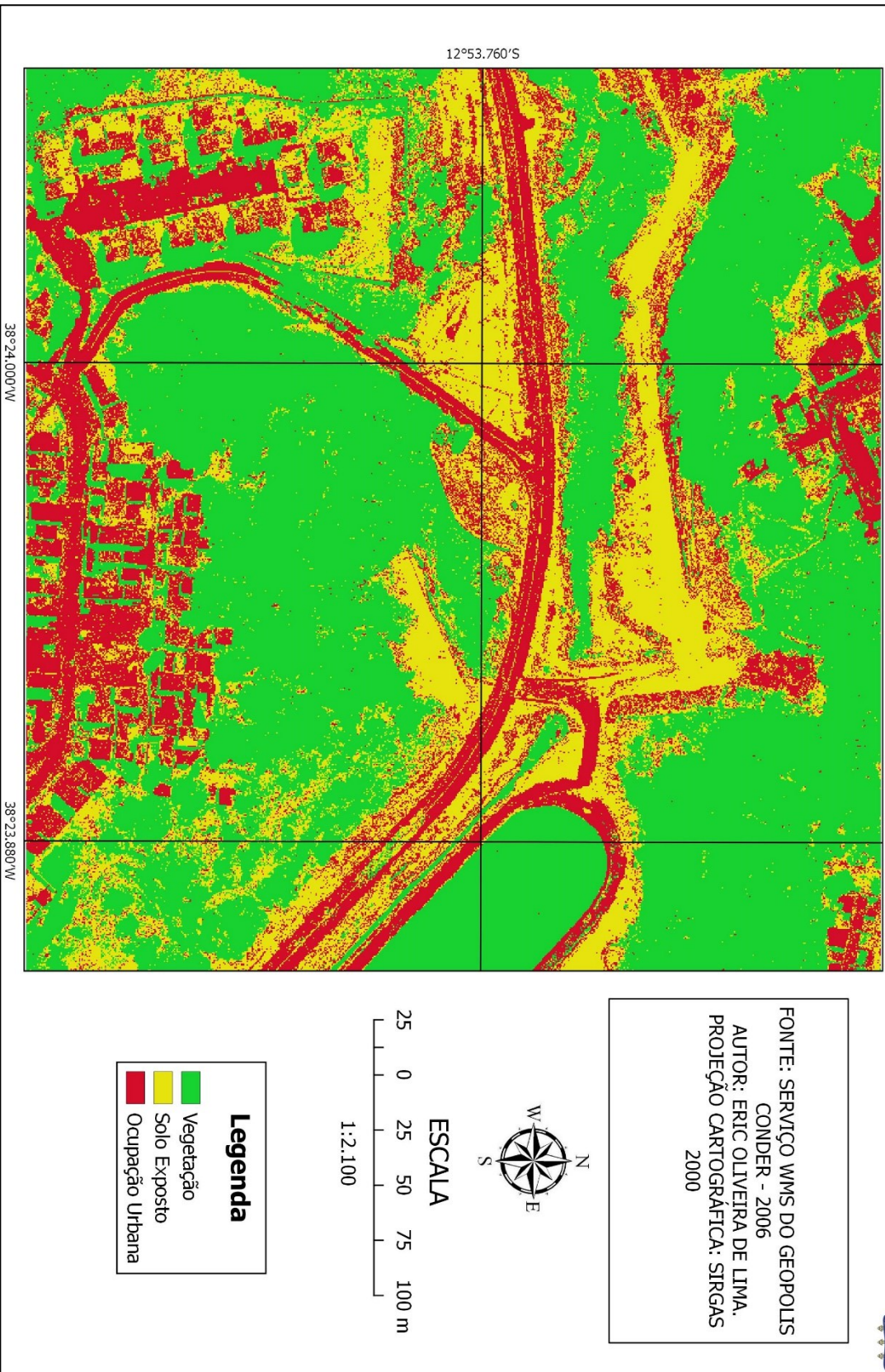


Figura 32 - Mapa de classificação (2006)

A grande quantidade de sombra na imagem de 2016, é um dos principais fatores para confusão feita por parte da classificação da ocupação urbana, pois ao selecionar áreas com sombra, o algoritmo de classificação entende que estes valores mais próximos da cor preto pode ser inserido nas classes de vegetação ou ocupação urbana, o que mostra mais uma vez que a resolução da imagem interfere menos do que a qualidade da imagem por parte de sombras nas imagens a serem classificadas.

Tabela 14 - Área de classificação (2016)

Classes	Pixels	Porcentagem(%)	Área [m²]
Vegetação	9034773	56	90347.73
Solo exposto	1658855	11	16588.55
Ocupação urbana	5289472	33	52894.72

Tabela 15 - Matriz de erro (2016)

	Vegetação	Solo Exp.	Ocup. Urb.	Total
Vegetação	689322	169	7220	696711
Solo Exp	524	113278	8512	122314
Ocup. Urb	82598	6880	296474	385952
Total	772444	120327	312206	1204977

Com os dados apresentados referente a classificação da imagem de 2016, podemos indicar que houve uma variação em percentual nas classes estudadas, em vegetação houve um aumento de 7,62%, em solo exposto uma redução de 58,70% e ocupação urbana um aumento de 48,29%. Com estes dados é possível afirmar que parte das áreas de solo exposto foram criadas edificações (ruas, casas, habitações irregulares e outras construções).

Tabela 16 -Acurácia das classificações (2016)

Acurácia Global(%)	84.0684040112	
Acurácia do Produtor (%)	Acurácia do Usuário(%)	Índice Kappa
89	98	0.97
94	92	0.91
94	76	0.68
Índice Kappa	0.83	Muito boa



CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - 2016

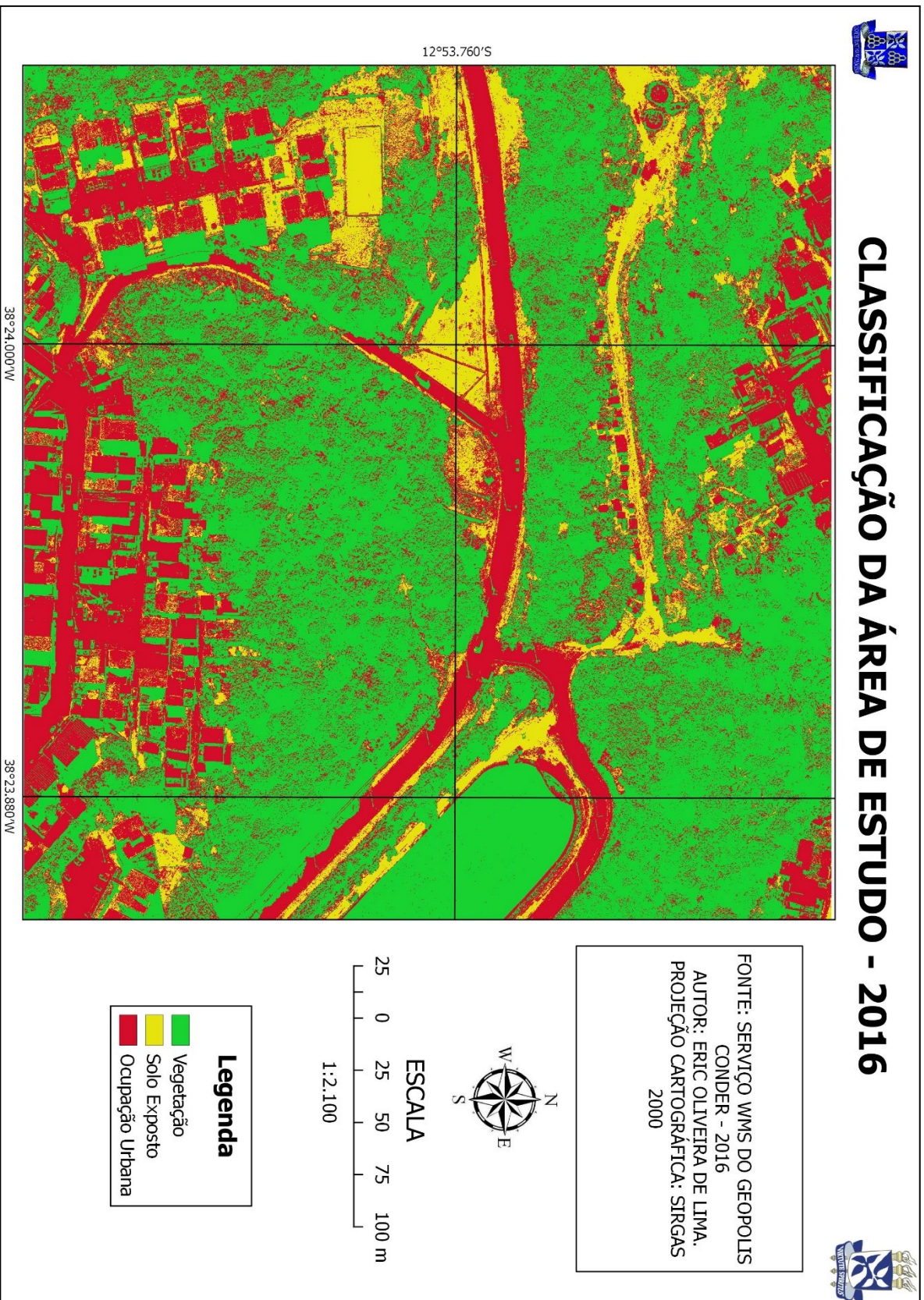


Figura 33 - Mapa de classificação (2016)

No resultado da classificação da imagem de 2018, podemos verificar através da acurácia do usuário, a diferença entre vegetação e ocupação urbana em comparação com solo exposto, este resultado ruim da classificação do solo exposto é dado pela alta resolução da imagem, o que gera uma confusão por parte das amostras adquiridas pelo usuário, pois como o algoritmo utiliza amostras de pixel para criar sua classificação, ao selecionar áreas de solo exposto, que contem fragmentos de vegetação e edificações, as áreas com pixel próximo destas áreas é classificado em outras classes presentes no processo. Porém de forma análoga ao resultado da imagem de 2006, podemos indicar que o resultado foi satisfatório, para as classes de vegetação e ocupação urbana, o que mostra que para uma boa classificação destas classes é muito importante a ausência de sombra nas imagens adquiridas.

Tabela 17 - Área de classificação (2018)

Classes	Pixels	Porcentagem(%)	Área [m ²]
Vegetação	59449620	63	100926.85
Solo exposto	10871421	12	18456.27
Ocupação urbana	23832414	25	40459.98

Tabela 18 - Matriz de erro (2018)

	Vegetação	Solo Exp.	Ocup. Urb.	Total
Vegetação	11590526	845	331614	11922985
Solo Exp	675545	474147	336323	1486015
Ocup. Urb	395521	105484	4992050	5493055
Total	12661592	580476	5659987	18902055

Tabela 19 - Acurácia das classificações (2018)

Acurácia Global(%)	84.0684040112	
Acurácia do Produtor (%)	Acurácia do Usuário(%)	Índice Kappa
91	97	0.91
81	32	0.29
88	91	0.86
Índice Kappa	0.79	Muito boa

A vegetação teve um aumento de 11,70%, solo exposto um aumento de 11,25% e a ocupação urbana uma redução de 23,50% em relação ao ano de 2016. Ao comparar a classificação das imagens com resoluções diferentes, é possível identificar as incoerências que indicam a incompatibilidade de se fazer comparações com imagens que apresentam além de qualidades diferentes, apresentam também resoluções com diferenças tão altas, pois apesar da ortofoto obtida através do DJ Phantom 4, apresentar distorções nas imagens, a sua resolução se torna muito superior a uma imagem obtida através de serviço WMS, em função da perda de resolução desta ortofoto. Com isso é possível afirmar que para se obter informações com intuito de quantificar a diferença das classes em períodos de tempo diferente, é necessário utilizar os mesmos modelos de imagens, para que o resultado possa chegar o mais próximo possível da realidade.



CLASSIFICAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO - 2018

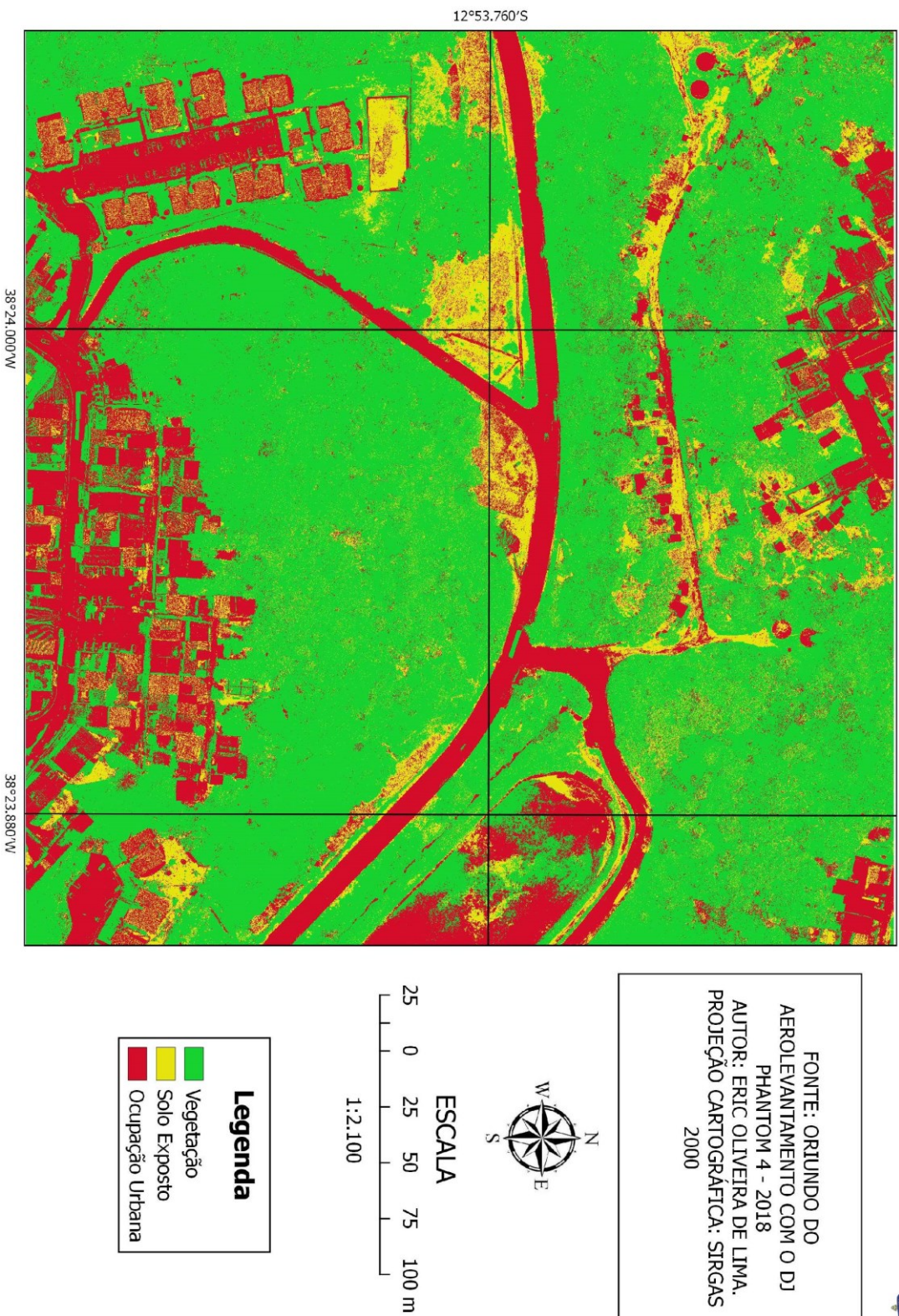


Figura 34 - Mapa de classificação (2018)

7. Resultados da vetorização da área de estudo

No processo de vetorização foi adicionado uma imagem de 1989, para que se possa utilizar como base para verificar as oscilações das classes da área de estudo, pois nesta imagem ainda não havia a estrada conhecida como “Pistão”, Avenida Assis Valente, pois esta Estrada foi construída com intuito de criar uma nova rota dentro do bairro de Cajazeiras, e com isso propiciou uma infraestrutura valiosa para a geração de novos conjuntos habitacionais na região, além do fato de tornar público aos olhos da sociedade a Pedra de Xangô, que até aquele momento era apenas conhecida pelos praticantes do Candomblé. Durante o processo de construção da estrada, foram gerados clarões na vegetação, estes clarões posteriormente dariam lugar a ruas, construções irregulares, novos projetos da esfera federal, aumento das edificações existentes e outras formas de ocupação urbana. Utilizando os dados gerados pela quantificação das áreas vetorizadas, em cada ano, é possível fazer gráficos com cada classe indicando suas variações de acordo com os anos das imagens.

Tabela 20 - Áreas vetorizadas (1989)

1989	Área (m ²)
Edificações	3440
Arruamento	4580
Vegetação	128240
Solo Exposto	23560

Tabela 21 - Áreas vetorizadas (2006)

2006	Área (m ²)
Edificações	13660
Arruamento	14760
Vegetação	59340
Solo Exposto	72060

Tabela 22 - Áreas vetorizadas (2016)

2016	Área (m ²)
Edificações	17370
Arruamento	15460
Vegetação	84220
Solo Exposto	42770

Tabela 23 - Áreas vetorizadas (20018)

2018	Área (m ²)
Edificações	17880
Arruamento	15460
Vegetação	87330
Solo Exposto	39150

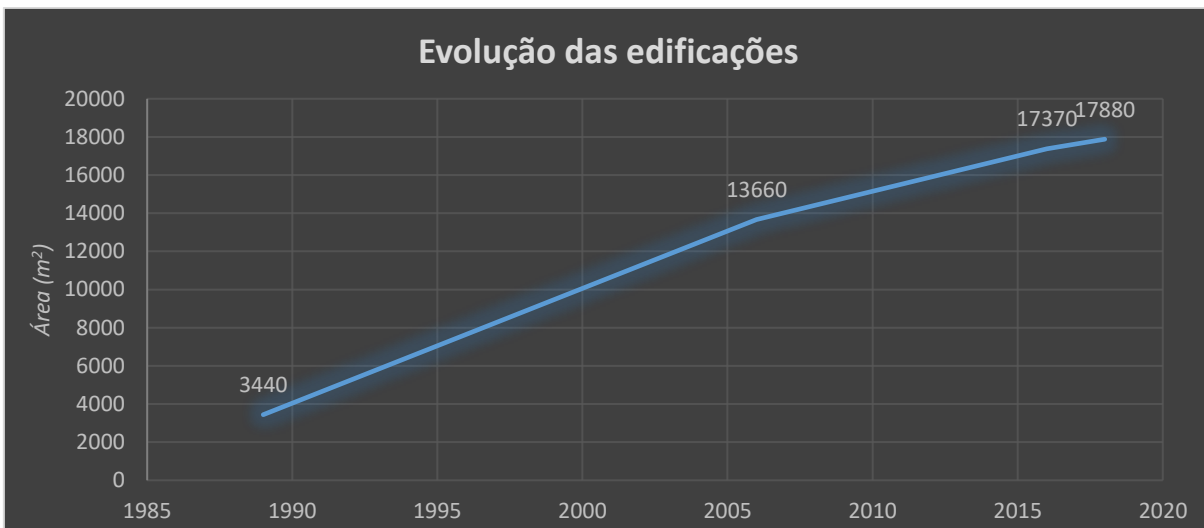


Figura 35 - Evolução das edificações

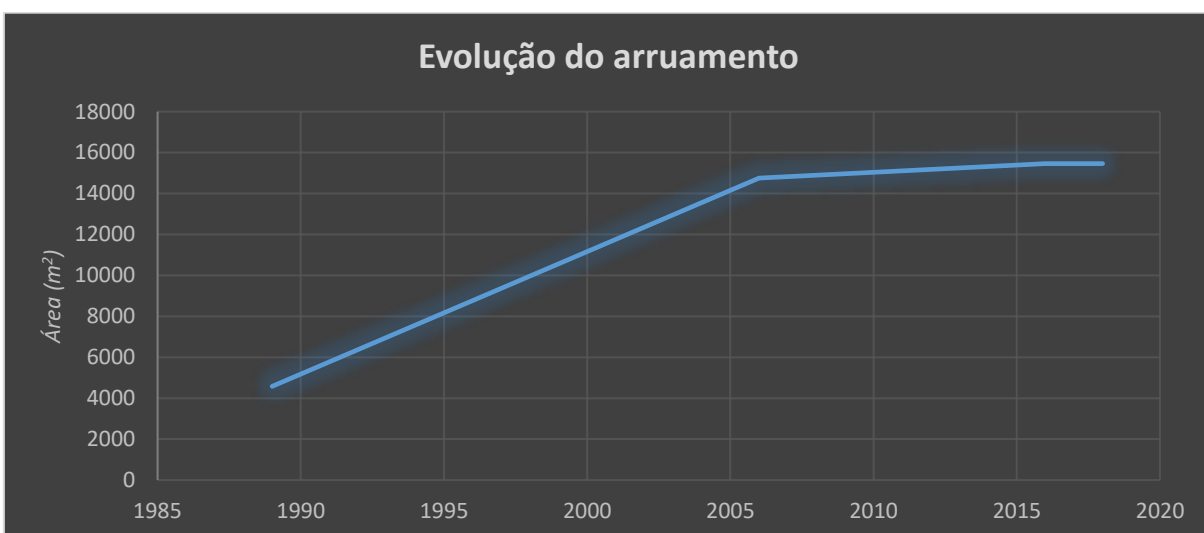


Figura 36 - Evolução do arruamento

Os gráficos da evolução da área de estudo, apresenta de forma analítica, a condição de dependência entre a vegetação e solo exposto, onde existe valores que são dividido entre os dois, pois as variações temporais apresentadas nestas vetorizações está diretamente ligadas entre si, ou seja para que haja o aumento de uma das áreas, a outra deve diminuir e vice versa, pois onde não há vegetação e ocupação urbana é apresentado o solo exposto, que futuramente passara pelo processo de revegetacao ou recebera ocupação urbana.

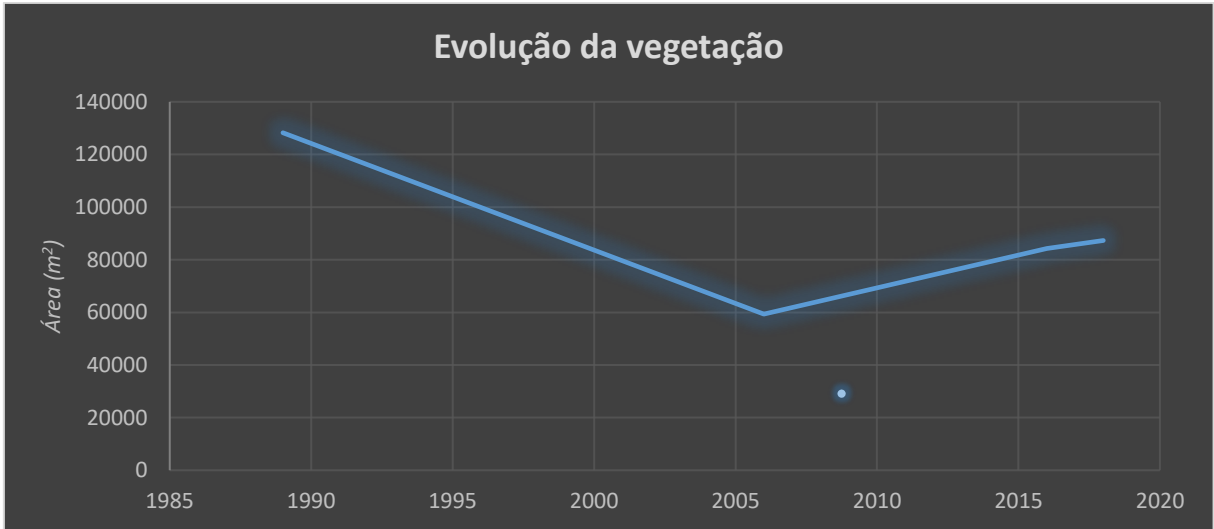


Figura 37 - Evolução da vegetação

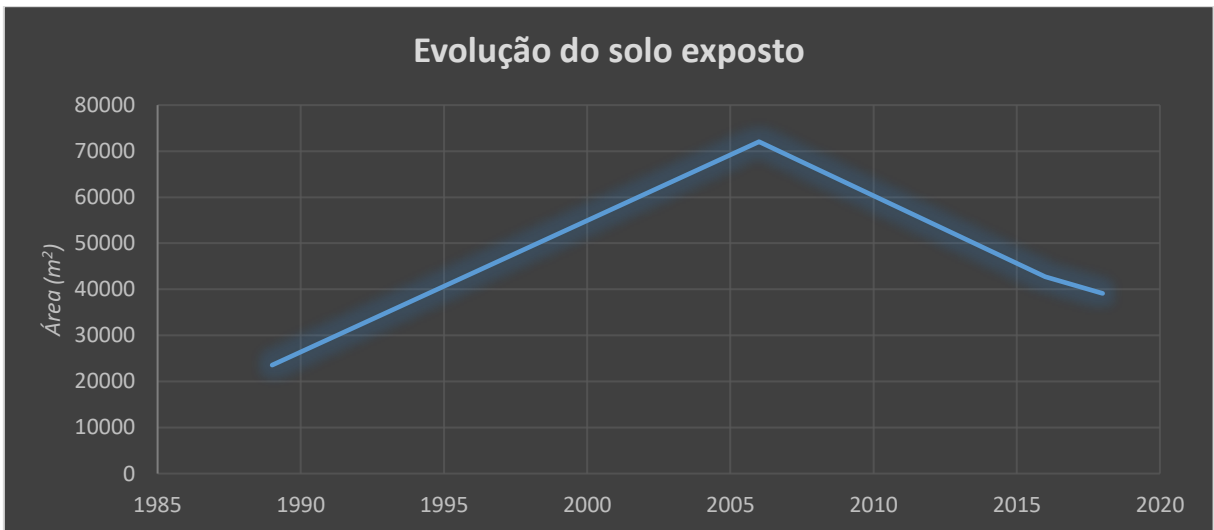


Figura 38 - Evolução do solo exposto

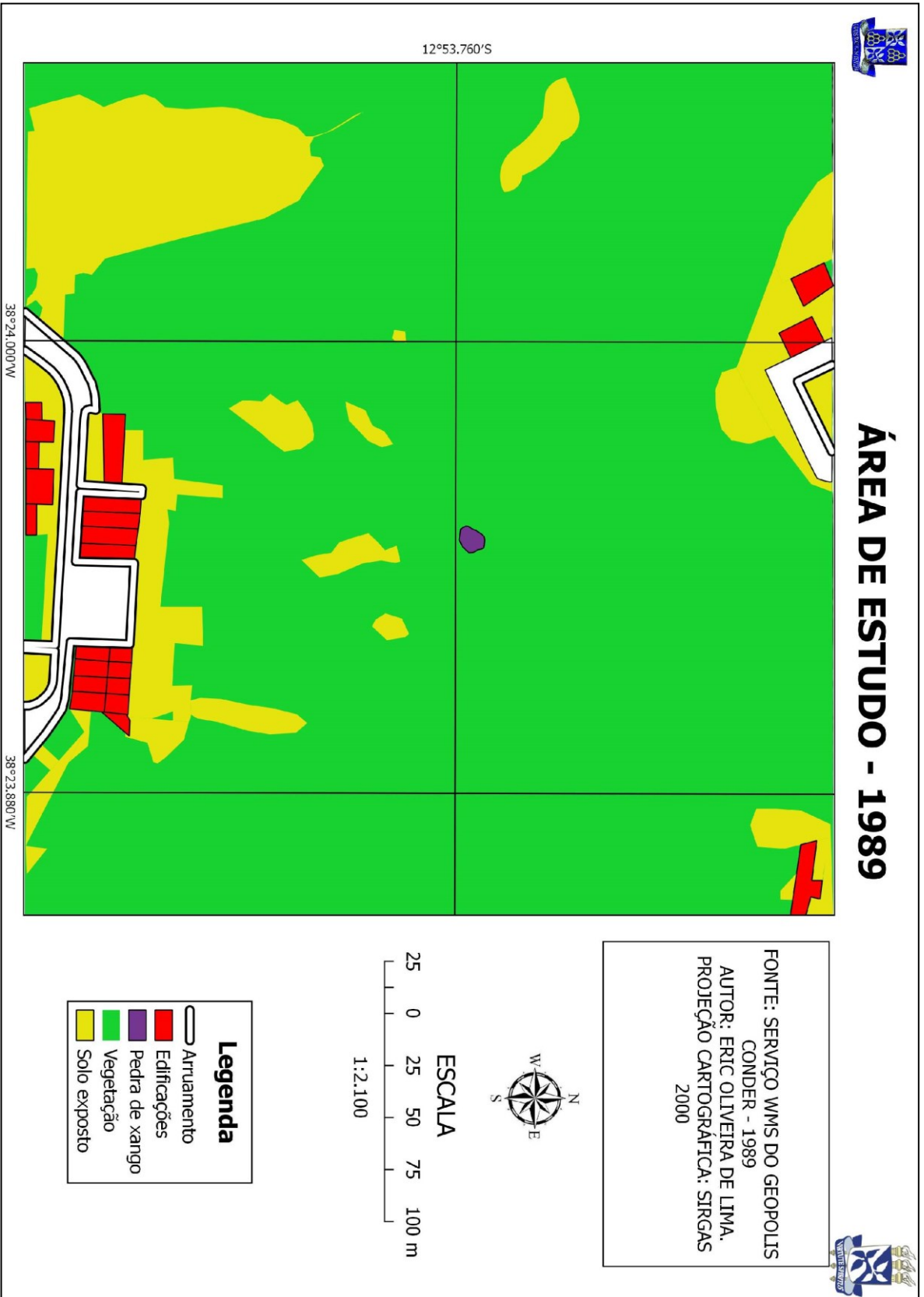


Figura 39 - Mapa de vetorização (1989)



ÁREA DE ESTUDO - 2006

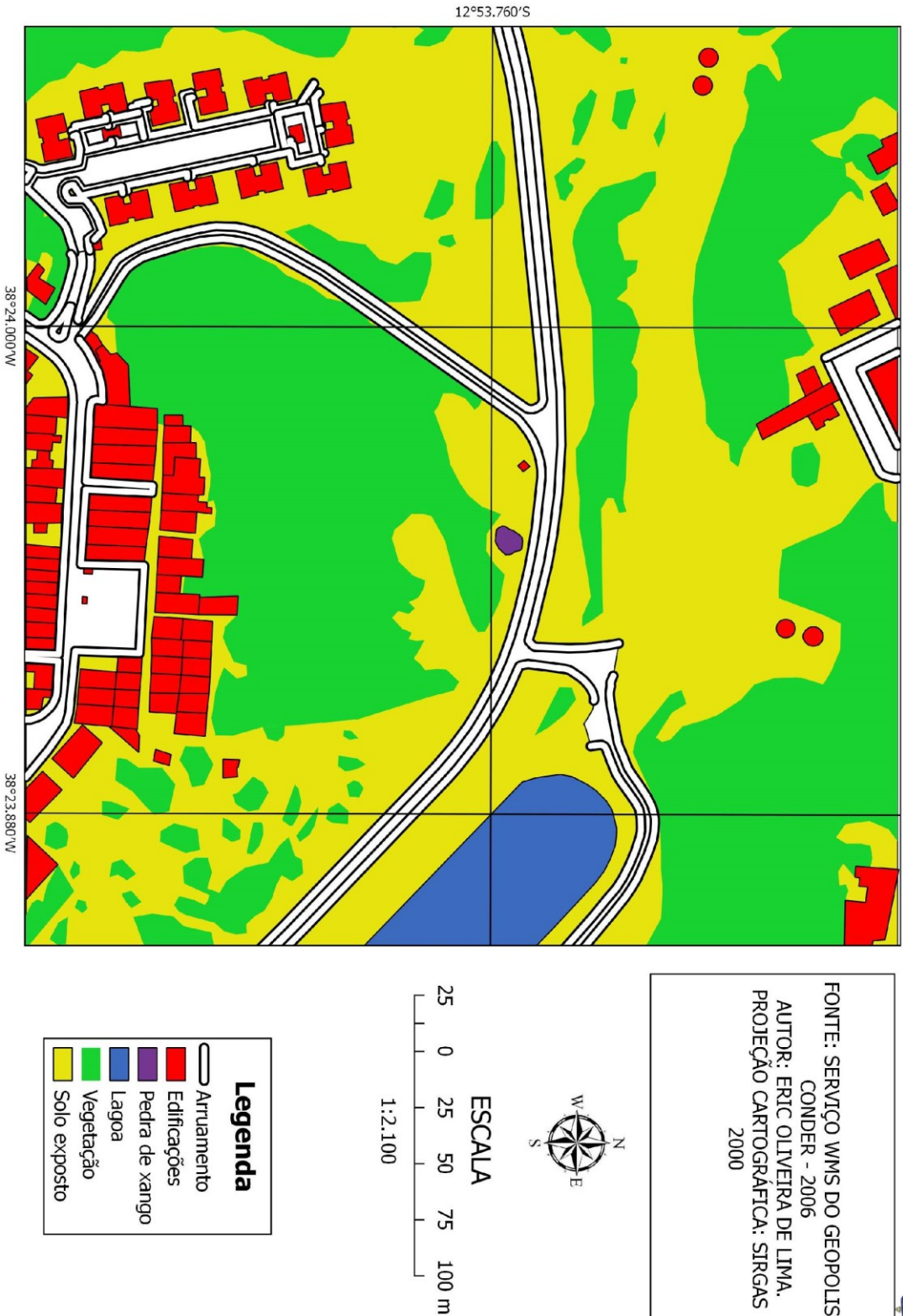


Figura 40 - Mapa de vetorização (2006)



ÁREA DE ESTUDO - 2016

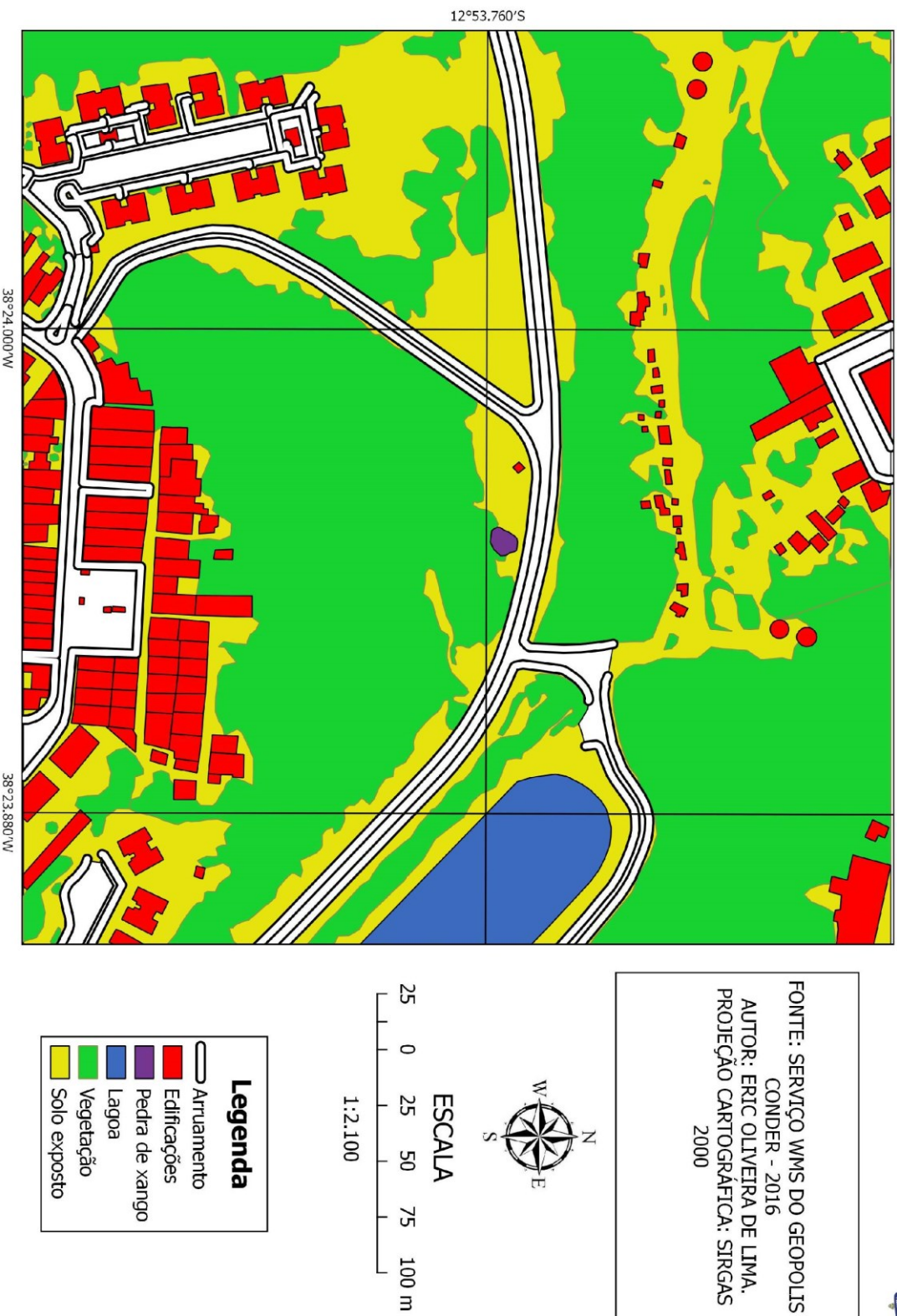
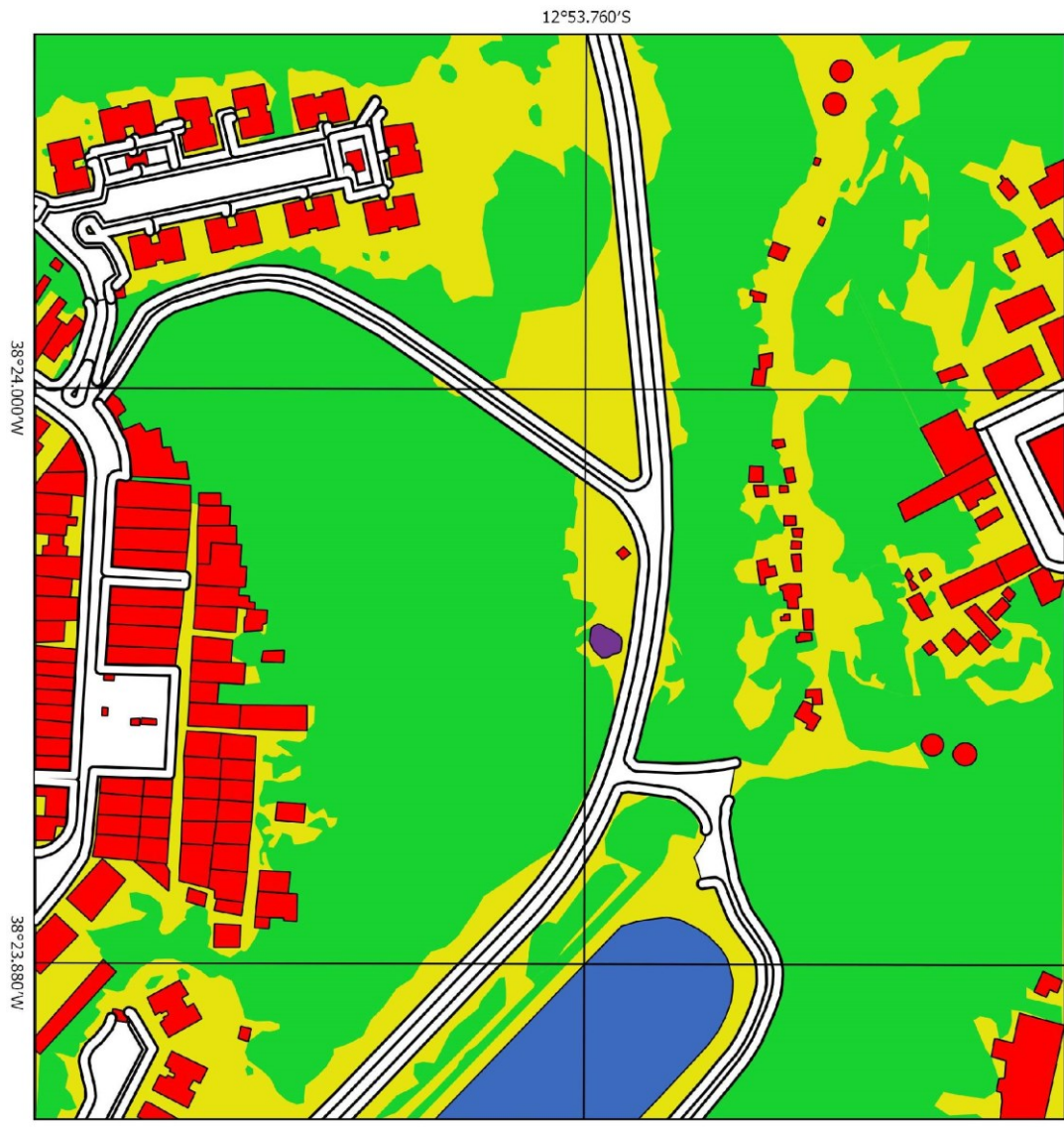


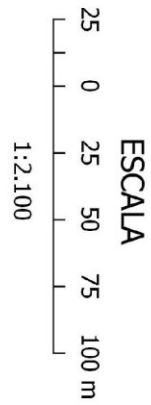
Figura 41 - Mapa de vetorização (2016)



ÁREA DE ESTUDO - 2018



FONTE: ORIUNDA DO
AEROLEVANTAMENTO COM O DJ
PHANTOM 4 - 2018
AUTOR: ERIC OLIVEIRA DE LIMA,
PROJEÇÃO CARTOGRÁFICA: SIRGAS
2000



Legenda	
	Arruamento
	Edificações
	Pedra de xango
	Lagoa
	Vegetação
	Solo exposto

Figura 42 - Mapa de vetorização (2018)

8. CONCLUSÕES

O resultado obtido por meio da classificação apresentou as características esperadas para a classificação supervisionada em imagens de alta resolução (Imagem de 2018) e baixa resolução (imagens 2006 e 2016), como se pode constatar nos mapas apresentados. Isso pode ser observado ao identificar a presença de um pequeno número de pixels classificados e agrupados em classes opostas a maioria em sua volta, efeito denominado “sal e pimenta”. Neste caso, foram encontradas áreas de edificação em meio a classificação da vegetação, dado que não corresponde à realidade. Todavia, a justificativa para este resultado assenta na alta quantidade de sombra nas imagens de baixa resolução e grande quantidade de pixel com pouca variabilidade de cor encontrados em imagens de alta resolução. Para trabalhos futuros é possível avaliar classificadores com a orientação a objeto atuando de forma mais adequada para fotografias aéreas de alta resolução.

De modo semelhante, foi constatada grande quantidade de pixels classificados como vegetação em áreas que, na realidade, são caracterizadas como solo exposto. Tal confusão é justificada quando analisamos a elevada variabilidade da classe solo exposto, composto por áreas características da revegetação dos solos degradados por parte dos moradores que ali se estabeleceram. Embora não tenha alcançado o resultado ideal, a classificação supervisionada apresentou resultado aceitável na identificação das classes. Isso aponta para regiões de contato entre classes distintas notavelmente, tais como vegetação, ocupação urbana e solo exposto.

A classificação manual das fotografias, apresentou de forma mais adequada, a quantificação das classes, apesar da incapacidade de aplicação desta técnica em áreas extensas, porém para este trabalho é possível fazer comparações entre as fotografias com uma margem maior de veracidade, mesmo que haja diferença de resolução entre as fotografias, durante o processo, é possível identificar os elementos de composição, da mesma forma foi possível gerar gráficos de comparação, que veem elucidar as dúvidas referente aos valores das áreas de classificação e assim entender as suas relações entre as classes e suas interdependências, que de forma bastante direta ligam seus valores.

A área de estudo, apesar de ser uma área urbana que contém bastantes elementos que geram confusão em sua classificação com o seu tamanho de 16 hectares, torna possível o uso de forma mais adequada da classificação, porém se houvesse a necessidade de efetuar um estudo em uma área maior, com o objetivo de classificar as imagens, seria mais produtivo o uso da classificação automática com fotografias de mesma resolução que não contivesse nuvens e sombra. Desta forma apesar de saber que o resultado final desta classificação seria inferior à de uma vetorização, a mesma serviria para se obter dados primários referentes aos elementos presentes no local.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Pecharromán, J. M., & Veiga, R. (2017). *ESTUDO SOBRE A INDÚSTRIA BRASILEIRA E EUROPEIA DE VEÍCULOS AÉREOS NÃO TRIPULADOS. DIÁLOGOS SETORIAIS.*
- Brasil. (2016). LEI Nº 9.069 /2016. *Plano Diretor de desenvolvimento Urbano do Município de Salvador - PDDU.*
- BRASIL. (02 de mai de 2017). Regras da ANAC para uso de drones entram em vigor. www.anac.gov.br.
- BRASIL. (02 de fev de 2018). ICA 100-40. *Sistema de Aeronaves Remotamente Pilotadas e o Acesso ao Espaço Aéreo Brasileiro.*
- Campiteli, M. (01 de nov de 2017). <http://blog.droneng.com.br>. Fonte: Entenda o Fluxo de Trabalho no Agisoft PhotoScan: <http://blog.droneng.com.br/entenda-o-fluxo-de-trabalho-no-agisoft-photoscan/>
- CARVALHO JÚNIOR, W. (2005). Classificação supervisionada de pedopaisagens do domínio dos mares de morros utilizando redes neurais artificiais. *Tese de doutorado.*
- Comunidad de Madrid. (2015). Los Drones y sus aplicaciones a la ingeniería civil. *Madrid.*
- Congalton, R., & Green, K. (2009). Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. *CRC Press.*
- Congedo, L. (13 de abr de 2018). *Semi-Automatic Classification Plugin.* Fonte: media.readthedocs.org:
<https://media.readthedocs.org/pdf/semiautomaticclassificationmanual-v5/latest/semiautomaticclassificationmanual-v5.pdf>
- Coutinho, Í., Resende, D., & Cunha, C. (02 de 10 de 2015). *Aplicação e uso de veículo aéreo não tripulado na engenharia de avaliações e perícias.* Fonte: PMKB: <https://pmkb.com.br/artigos/aplicacao-e-uso-de-veiculo-aereo-nao-tripulado-na-engenharia-de-avaliacoes-e-pericias/>
- DURAND , C. A., NIERO, M. P., FLORENZANO, T. G., & MARCELHAS, Í. S. (mar de 2009). www.redalyc.org. Fonte: ANÁLISE ORIENTADA A OBJETO NO MAPEAMENTO DE ÁREAS URBANAS COM IMAGENS LANDSAT: www.redalyc.org/comocitar.oa?id=393937707007
- FERNANDES, R. B. (1992). PERIFERIZAÇÃO SÓCIO-ESPACIAL EN SALVADOR: ANÁLISE DO CABULA, UMA ÁREA REPRESENTATIVA. *DISSERTAÇÃO DE MESTRADO PARA A FAU-UFBA.*
- Morato, R. G., Kawakubo, F. S., Hayakawa, E. H., & Machado, R. P. (10 de ago de 2011). *ANÁLISE DA EXPANSÃO URBANA POR MEIO DE COMPOSIÇÕES .*

- Pedrassoli, J. C. (28 de 11 de 2011). *Análise orientada a objeto para detecção de favelas e classificação do uso do solo em Taboão da Serra/SP*. Fonte: <http://www.teses.usp.br: http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-03052012-085635/pt-br.php>
- PORTO, E., & CARVALHO, E. (1999). REFLEXOS DA GLOBALIZAÇÃO NA REGIÃO DE SALVADOR. *INP/FAU-UFBA*.
- Regina, M. E., & Fernandes, R. B. (2005). O acelerado crescimento dos bairros populares na cidade. *Geosul*.
- SILVA, J. E., & Mosar, F. B. (07 de nov de 2016). *jornada.ifsuldeminas.edu.br*. Fonte: CLASSIFICAÇÃO DE ORTOFOTO DIGITAL OBTIDA COM VANT FOTOGRAFAMÉTRICO PARA MAPA DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO. : <https://jornada.ifsuldeminas.edu.br/index.php/jcpas/jspas/paper/viewFile/2919/2075>
- SILVA, M. A. (2017). PEDRA DE XANGÔ: UM LUGAR SAGRADO AFRO-BRASILEIRO NA CIDADE DE SALVADOR.