



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CARTOGRÁFICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS GEODÉSICAS E
TECNOLOGIAS DA GEOINFORMAÇÃO

DANILO HENRIQUE SANTOS SILVA

**CIDADE DA COPA EM SÃO LOURENÇO DA MATA – PE: do projeto a realidade
atual**

Recife
2018

DANILO HENRIQUE SANTOS SILVA

**CIDADE DA COPA EM SÃO LOURENÇO DA MATA – PE: do projeto a realidade
atual**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação da Universidade Federal de Pernambuco, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Área de Concentração: Cartografia e Sistemas de Geoinformação.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Borba Schuler.

Recife

2018

Catálogo na fonte
Bibliotecária Margareth Malta, CRB-4 / 1198

S586c Silva, Danilo Henrique Santos.
Cidade da Copa em São Lourenço da Mata – PE: do projeto a realidade atual / Danilo Henrique Santos Silva. – 2018.
116 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Borba Schuler.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação, 2018.

Inclui Referências, Apêndices e Anexos.

1. Engenharia Cartográfica. 2. Cidade da Copa de São Lourenço da Mata. 3. Fotogrametria. 4. Fotointerpretação. 5. Parceria Público-Privado. I. Schuler, Carlos Alberto Borba. (Orientador). II. Título.

UFPE

526.1 CDD (22. ed.)

BCTG/2019-41

DANILO HENRIQUE SANTOS SILVA

**CIDADE DA COPA EM SÃO LOURENÇO DA MATA – PE: do projeto a realidade
atual**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação.

Aprovada em: 22 / 03 / 2018.

BANCA EXAMINADORA

Profº. Dr. Carlos Alberto Borba Schuler (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dra. Josiclêda Domiciano Galvíncio (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Profº. Dr. Hernande Pereira da Silva (Examinador Externo)
Universidade Federal Rural de Pernambuco

Ao meu filho, que mudou o tom da minha vida. E a minha mulher, por ter confiança em mim e me apoiar em todas as situações.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus pelas grandes bênçãos que vêm me proporcionando a cada dia.

Agradeço a minha família por todo apoio que recebi, mesmo estando distante da minha terrinha, e mesmo assim eles se tornam presentes. Obrigado Mães (Leonice M^a dos Santos, Vó Dolores e Tia Lindinalva), Irmãos (César Henrique, Diogo Henrique, Carla Cristina) e grato ao Sr. José Carlos (Fred), meu padrasto e segundo pai desde meus 6 anos de idade.

Agradeço à minha esposa, Wedja de Oliveira, por dividir, apoiar e me sentir mais forte a cada dia, em meio a todos os obstáculos que passamos juntos. Cada vitória comemoramos como se fosse a última, dando valor a cada tijolinho que vamos construindo em nossa vida.

Agradeço ao meu filho, Miguel Henrique, por me fazer o melhor pai do mundo e me fazer valorizar a cada minuto que passa do dia.

Agradeço ao meu parceiro de longa data, Maxsuel Bomfim (Max), que hoje faz parte da minha família.

Agradeço aos meus amigos que me acolheram quando decidi residir em Recife e as novas amizades que construí por aqui, que pudemos compartilhar vários momentos de alegria, inclusive do nascimento do Miguel. Obrigado Anny Karla, Valter Santos, Elba Gonzaga, Irving Aquino.

Agradeço ao pessoal da empresa INCIBRA, que me apoiou nessa empreitada, onde pude fazer amigos além da esfera profissional, em especial Djalma Medeiros, Tiago Gondim, Jesús Cajo.

Agradeço ao Volker Dettmer –Coordenador do setor de Cartografia e Cadastro da BRK Ambiental – pela compreensão em meio a minha contratação, mesmo sabendo que estava com o mestrado em andamento. E também aos meus novos colegas de trabalho, Danyelle Lima, Carolina Maciel, Eudmar Alves, Oscar Paz e Manuela Bandeira, pelo apoio e recepção ao novo ambiente de trabalho.

Agradeço aos amigos e colegas (todos sem exceção) que convivi durante essa jornada do mestrado, em meio as madrugadas fazendo trabalhos (Geodésia, Aquisição de Dados, etc) ou jogando conversa fora, nos momentos de descontração.

Agradeço ao meu amigo e orientador, Prof. Dr. Carlos Alberto Borba Schuler, por toda compreensão, ensinamentos, paciência e sinceridade.

Por fim, agradeço ao pessoal da coordenação da Pós-Graduação por todo apoio.

RESUMO

O projeto Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, vencido pela Odebrecht através de uma licitação nos moldes de uma Parceria Público-Privada - PPP, em 2009, despontou como um dos principais projetos da Copa do Mundo de 2014. Consistia na construção de uma cidade desenvolvida dentro de aproximadamente 250 hectares, com instalações de Shopping Center, Cinemas, Instituto de Educação, Conjuntos Habitacionais e Comerciais que subsidiariam a população, trazendo grandes benefícios para a Região Metropolitana do Recife (RMR). Porém, através de avaliações antes, durante e após a implantação do projeto, verificou-se, com o uso de registros fotográficos e imagem de satélite, que o projeto proposto não foi finalizado, trazendo grandes prejuízos financeiros ao Governo, frustrando a expectativa gerada em torno do empreendimento. Em 2017, um estudo sobre a perspectiva de investimento para PPP nos países da América Latina, financiado pelo Banco Mundial, coloca o país entre os 5 primeiros do ranking, apesar da situação difícil de corrupção enfrentada atualmente. Os produtos resultantes de fotografias aéreas e imagens de satélite vem se consolidando como uma ferramenta eficaz para análise do uso e cobertura do solo. Por outro lado, a aplicação da Fotointerpretação sobre os registros fotográficos, possibilita, através do princípio de interpretação dos objetos, aliados aos Sistemas de Informações Geográficas, a obtenção de dados quantitativos e qualitativos. A pesquisa se desenvolveu com fotointerpretação e aplicações de SIG em fotografias aéreas verticais, ortofotos, ortofotocartas e imagens de satélites, datadas de 1980 até 2016. Neste intervalo de tempo, estabeleceu-se as avaliações em três etapas, Ex-Ante (antes do projeto), Durante (durante o projeto) e Ex-Post (este representa a situação atual do projeto), tendo como resultados, uma análise espaço-temporal, para avaliação do uso do solo do empreendimento; avaliação do desenvolvimento do projeto, analisando estimativas de custos e identificando as infraestruturas concluídas segundo as etapas estabelecidas no projeto piloto; e a real situação do projeto Cidade da Copa de São Lourenço da Mata.

Palavras-chave: Cidade da Copa de São Lourenço da Mata. Fotogrametria. Fotointerpretação. Parceria Público-Privado.

ABSTRACT

São Lourenço da Mata's Cup City, won by Odebrecht through a public-private partnership (PPP) in 2009, emerged as one of the main projects of the 2014 World Cup. The project presented the construction of a city developed within approximately 250 hectares, with facilities of Shopping Center, Cinemas, Institute of Education, Housing and Commercial Sets that would subsidize the population, bringing great benefits to the Metropolitan Region of Recife (RMR). However, through an evaluation before, during and after the project, it was verified, with the use of photographic records and satellite image, that many of these facilities were not fulfilled, causing great financial losses to the Government, frustrating the expectation generated around of the enterprise. In 2017, a study about investment climate for PPP in Latin American countries, financed by Inter-American Development Bank (IDB), list the country among the top 5 in the ranking, despite the current difficult situation of corruption. The products resulting from aerial photographs and satellite images have been consolidated as an effective tool for analysis of land use and cover. On the other hand, the application of the Photointerpretation on the photographic records makes possible, through the principle of interpretation of the objects, allied to the Geographic Information Systems, the obtaining of quantitative and qualitative data. The research develops with the use of vertical aerial photographs, orthophotos, orthophotographs and satellite images, dating from 1980 to 2016. In this time interval the Ex-ante evaluations (before the project), During (during the project) and Ex-Post (this represents the current status of the project). In the results were obtained cost analyzes until the moment of the project, identifying, through the photo interpretation, if the steps stipulated at the beginning of the project followed the expected deadlines.

Keywords: São Lourenço da Mata's Cup City. Photogrammetry. Photointerpretation. Public-Private Partnerships.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Distribuição dos investimentos destinados à Cidade da Copa	15
Figura 2 –	Procedimentos metodológicos.....	18
Quadro 1 –	Evolução da fotogrametria.....	20
Figura 3 –	Fotografia aérea vertical.....	23
Figura 4 –	Fotografia aérea oblíqua.....	24
Figura 5 –	Distribuição esquemática dos elementos de uma escala obtida por fotografias aéreas verticais.....	25
Figura 6 –	Distribuição esquemática de uma fotografia área vertical com variação de elevação do terreno.....	27
Figura 7 –	Representação da escala por semelhança de triângulos....	28
Figura 8 –	Princípio da Ortoretificação.....	31
Figura 9 –	Procedimento para geração de ortofoto.....	34
Figura 10 –	Ilustração do esquema do processo de matrizes e ortofoto de São Lourenço da Mata/PE.....	35
Figura 11 –	Ortofotocarta seguindo as diretrizes da ET-PCDG.....	37
Figura 12 –	Ortofotocarta de 1978 destacando áreas de comunidades.....	38
Figura 13 –	Fotointerpretação através do tamanho e forma.....	40
Figura 14 –	Fotointerpretação através da sombra e padrão.....	41
Figura 15 –	Fotointerpretação através da textura e tom.....	42
Figura 16 –	Características de uma imagem de satélite.....	43
Quadro 2 –	Aplicações com imagem de satélite.....	44
Quadro 3 –	Características das imagens produzidas por alguns satélites.....	45
Figura 17 –	Imagem de satélite captirada pelo QuickBird do entorno da Clade da Copa de São Lourenço da Mata em 2007.....	46
Figura 18 –	Representação vetorial extraídos de uma imagem.....	47
Figura 19 –	Desmatamento em Assis/SP.....	48
Figura 20 –	Evolução da Malha Urbana na cidade de Maringá-PR.....	49
Figura 21 –	Mosaico de fotografias aéreas da missão Apolo 15.....	50

Figura 22 –	Evolução da rede viária da cidade de Chapecó/SC.....	51
Figura 23 –	Localização da Cidade da Copa no município de São Lourenço da Mata.....	52
Figura 24 –	Divisão das áreas destinada ao projeto.....	53
Quadro 4 –	Distribuição das instalações seguindo o Master Plan.....	54
Figura 25 –	Distribuição espacial dos distritos do Master Plan.....	55
Quadro 5 –	Características de mensuração da área da Cidade da Copa.....	55
Quadro 6 –	Características de tempo e distância da área da Cidade da Copa.....	55
Quadro 7 –	Características da área da Cidade da Copa de acordo com as etapas da obra.....	56
Quadro 8 –	Representação vetorial extraídos de uma imagem.....	57
Gráfico 1 –	Análise geral da pesquisa do INFRASCOPE de 2017.....	58
Figura 26 –	Fluxo financeiro entre obra pública e uma PPP.....	60
Figura 27 –	Garantias financeiras entre uma obra pública e uma PPP...	61
Quadro 9 –	Condições de financiamento para a concessionária.....	62
Figura 28 –	Maiores públicos do Náutico de 2013 a 2015.....	62
Figura 29 –	Georreferenciamento para delimitação da área.....	63
Figura 30 –	Definição das áreas distritais do Master Plan.....	64
Figura 31 –	Fluxograma para geração dos resultados.....	64
Figura 32 –	Fluxograma para avaliação Ex-Ante.....	65
Figura 33 –	Georreferenciamento das Ortofotocartas.....	66
Figura 34 –	Mosaico das fotografias aéreas da década de 80.....	67
Figura 35 –	Recorte do Mosaico das imagens de satélite Quickbird de 2007.....	67
Figura 36 –	Mosaico das ortofotos de 2013.....	68
Figura 37 –	Mosaico das ortofotos do PE3D de 2016.....	69
Gráfico 2 –	Situação do Brasil conforme os itens do INFRASCOPE.....	70
Gráfico 3 –	Avaliação dos gastos da Arena Pernambuco.....	71
Gráfico 4 –	Públicos do Náutico de 2013 a 2015.....	72
Figura 38 –	Proporcionalidade entre o custo da arena e bilheteria.....	72
Figura 39 –	Mapa das áreas distritais definidas no Master Plan.....	73

Quadro 10 –	Objetos identificados na fotointerpretação da avaliação Ex-Ante.....	74
Quadro 11 –	Objetos identificados na fotointerpretação da avaliação Durante e Ex-Post.....	75
Figura 40 –	Mapa de uso e cobertura do solo de 1980.....	76
Figura 41 –	Mapa de uso e cobertura do solo de 2007.....	78
Figura 42 –	Mapa de uso e cobertura do solo de 2013.....	80
Figura 43 –	Mapa de uso e cobertura do solo de 2016.....	81
Figura 44 –	Avaliação dos distritos I e II.....	86
Figura 45 –	Análise dos distritos III, IV e V.....	87
Figura 46 –	Análise dos distritos VI, VII e VIII.....	88
Figura 47 –	Avaliação Ex-Post.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Área de Preservação Permanente
ASPRS	<i>American Society for Photogrammetry and Remote Sensing</i>
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
BNB	Banco do Nordeste do Brasil
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CGEO	Centro de Geoformação do Exército Brasileiro
Compesa	Companhia Pernambucana de Saneamento
CONDEPE/FIDEM	Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco
CPRH	Agência Estadual do Meio Ambiente
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico do Exército
ET-PCDG	Especificação Técnica de Produtos de Conjuntos de Dados Espaciais
ETA	Estação de Tratamento de Água
FIFA	<i>Fédération Internationale de Football Association</i>
GB	<i>Gigabyte</i>
GSD	<i>Ground Sample Distance</i>
ICN	Intervalo de Curva de Nível
IFPE	Instituto Federal de Pernambuco
IGC	Instituto Geográfico e Cartográfico
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCA	Índices de Preços ao Consumidor
IRRF	Imposto de Renda Retido na Fonte
ISS	Imposto Sobre Serviço
ISPRS	<i>International Society for Photogrammetry and Remote Sensing</i>
KM	Quilômetros
LIDAR	<i>Light Detection And Ranging</i>
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital do Terreno
PE3D	Pernambuco Tridimensional
PE	Pernambuco
P&B	Preto e Branco

PPP	Parceria Público-Privado
RMR	Região Metropolitana do Recife
RAM	<i>Random Access Memory</i>
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SGB	Sistema Geodésico Brasileiro
SPE	Sociedade de Propósito Específico
UFPE	Universidade Federal de Pernambuco
USGS	<i>United States Geological Survey</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVOS DO TRABALHO.....	17
2.1	OBJETIVO GERAL.....	17
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3	MATERIAL E MÉTODO.....	18
3.1	RECURSOS TECNOLÓGICOS.....	19
4	EMBASAMENTO TEÓRICO.....	20
4.1	FOTOGRAMETRIA.....	20
4.1.1	Fotografias Aéreas.....	21
4.1.1.1	Classificação das Fotografias Áreas.....	21
4.1.1.2	Escala das fotografias aéreas.....	24
4.1.1.3	GSD (<i>Ground Sample Distance</i>).....	29
4.1.2	Processo de Retificação.....	30
4.1.2.1	Ortorretificação.....	30
4.1.2.2	Ortofoto.....	32
4.1.1.2.1	<i>Processo de Geração das Ortofotos</i>	33
4.1.2.3	Ortofotocarta.....	35
4.2	FOTOINTERPRETAÇÃO.....	38
4.2.1	Princípios de Interpretação dos Objetos.....	39
4.3	MAGEM DE SATÉLITE.....	43
4.4	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG).....	36
4.4.1	Dados Vetoriais.....	47
4.5	APLICAÇÕES DE FOTOGRAMETRIA E FOTOINTERPRETAÇÃO.....	48
5	ÁREA DE ESTUDO.....	52
5.1	PARCERIA PÚBLICA-PRIVADA (PPP).....	56
5.1.1	PPP no Estado de Pernambuco.....	58
5.2	PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA	59
6	METODOLOGIA.....	63
6.1	AVALIAÇÃO EX-ANTE.....	65
6.2	AVALIAÇÃO DURANTE E EX-POST.....	68

7	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
7.1	AVALIAÇÃO EX-ANTE, DURANTE E EX-POST.....	74
8	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES.....	90
	REFERÊNCIAS.....	92
	APÊNDICE A – DIVISÃO DISTRITAL DO PROJETO.....	99
	APÊNDICE B - AVALIAÇÃO EX-ANTE (1980).....	100
	APÊNDICE C - AVALIAÇÃO EX-ANTE (2007).....	101
	APÊNDICE D - AVALIAÇÃO DURANTE.....	102
	APÊNDICE E - AVALIAÇÃO EX-POST.....	103
	APÊNDICE F - AVALIAÇÃO DO DISTRITO I.....	104
	APÊNDICE G - AVALIAÇÃO DO DISTRITO II.....	105
	APÊNDICE H - AVALIAÇÃO DO DISTRITO III.....	106
	APÊNDICE I - AVALIAÇÃO DO DISTRITO IV.....	107
	APÊNDICE J - AVALIAÇÃO DO DISTRITO V.....	108
	APÊNDICE K - AVALIAÇÃO DO DISTRITO VI.....	109
	APÊNDICE L - AVALIAÇÃO DO DISTRITO VII.....	110
	APÊNDICE M - AVALIAÇÃO DO DISTRITO VIII.....	111
	ANEXO A - COBERTURA DO QUICKBIRD DE 2007.....	112
	ANEXO B - COBERTURA DO PE3D.....	113
	ANEXO C - RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO VOO DE 2013.....	114
	ANEXO D - FOTOGRAFIAS ÁREAS DE 1980 DE SÃO LOURENÇO DA MATA.....	115
	ANEXO E - ORTOFOTOCARTAS DE 1986 DE SÃO LOURENÇO DA MATA.....	116

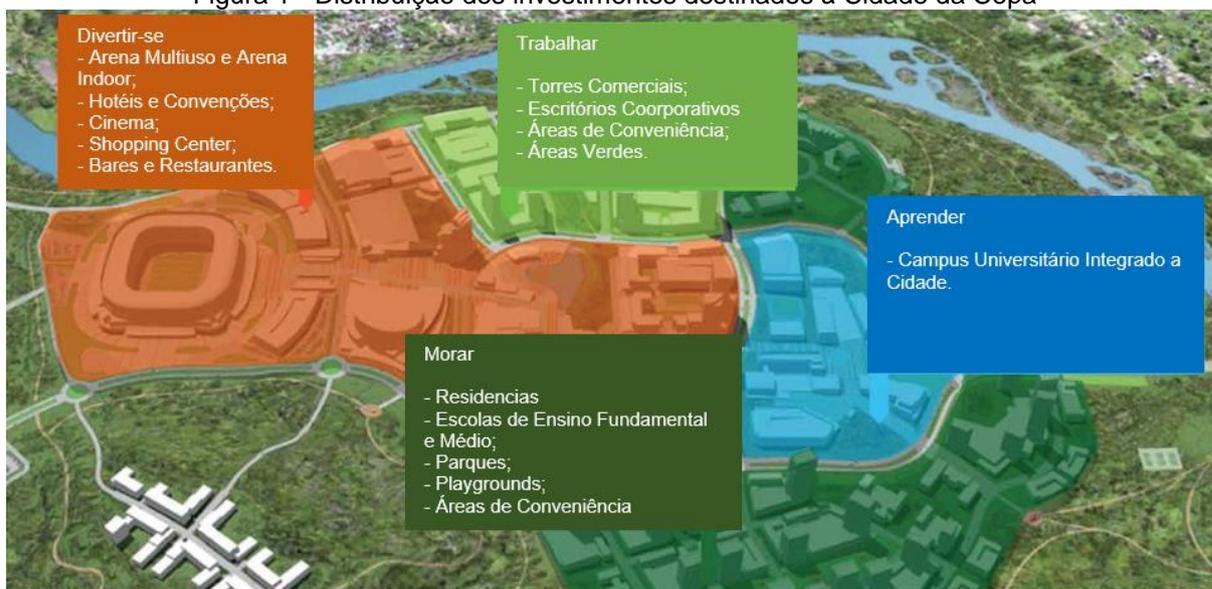
1 INTRODUÇÃO

Os principais eventos esportivos - como exemplo a Copa do Mundo de futebol - atraindo grandes investimentos para o país e para as cidades que sediaram o evento, trazendo benefícios no turismo, construção de novas instalações, mobilidade urbana, lazer, entre outros (GONÇALVES *et.al*, 2014; FERNÁNDEZ e ALONSO, 2012).

A Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, iniciada em 2009, contém no projeto inicial uma gama de investimentos no setor imobiliário, educacional, cultural e de lazer. Esta série de investimentos tornaria a cidade de São Lourenço da Mata em um grande atrativo para o empreendedorismo, impactando e contribuindo para o desenvolvimento urbano da região. Entretanto, ao longo da execução do projeto, as etapas e prazos pré-estabelecidos não foram concluídas, prejudicando toda a expectativa gerada em torno deste empreendimento.

A Figura 1 apresenta toda a infraestrutura prevista para o projeto em questão. Destacando-se os investimentos destinados ao lazer/entretenimento, trabalho, moradia e educação, ilustrados respectivamente pelas cores laranja, verde claro, verde escuro e azul.

Figura 1 - Distribuição dos investimentos destinados à Cidade da Copa



Fonte: PIRES, 2012.

As atividades de Fotogrametria e Fotointerpretação, com o uso de registros fotográficos, possibilita a obtenção de resultados de qualidade, quando aplicados a

análises espaço-temporal, verificando fatores como a expansão urbana, o acréscimo ou decréscimo de Área de Preservação Permanente (APP), o planejamento urbano, entre outras áreas.

Diante desta realidade, a presente pesquisa fez uso de originais cartográficos, como, fotografias aéreas, ortofotocartas e ortofotos com intervalo temporal de 1980 a 2016, com intuito de analisar o uso e ocupação do solo na área denominada: cidade da copa, em sua caracterização inicial, até os dias atuais, consolidando com resultados científicos, um método eficaz para avaliação do projeto na fase inicial, analisando o monitoramento durante a execução e a situação atual das etapas concluídas.

2 OBJETIVOS DO TRABALHO

A pesquisa apresenta, no contexto, os objetivos presentes no trabalho, classificando-os em geral e específico.

2.1 OBJETIVO GERAL

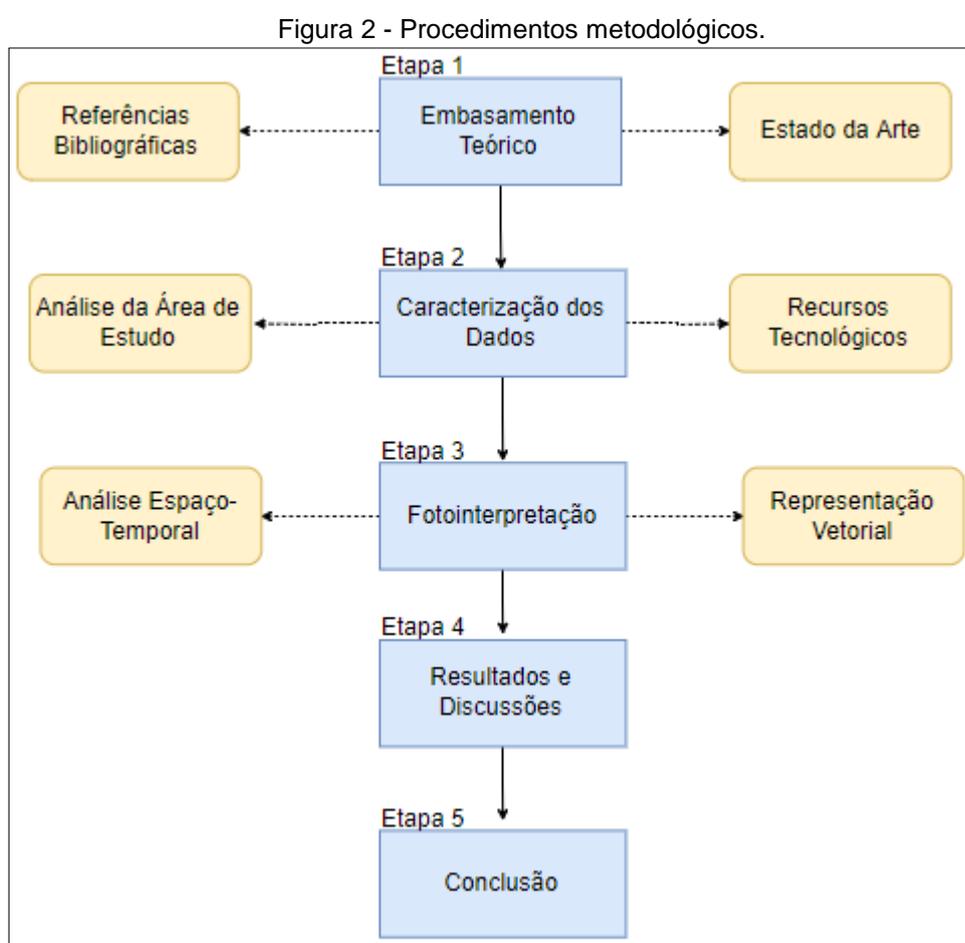
Análise espaço-temporal do desenvolvimento do projeto Cidade da Copa de São Lourenço da Mata/PE.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Avaliar com base em fotografias aéreas, imagem de satélite, ortofotos e ortofotocartas a evolução espaço-temporal do projeto Cidade da Copa;
2. Verificar na área de estudo o uso do solo – Avaliação Ex-Ante;
3. Analisar as ocorrências durante a execução do projeto inicial;
4. Identificar as estruturas concluídas com base nas definidas no projeto inicial;
5. Verificar a situação atual da área com base nas ortofotos do projeto Pernambuco Tridimensional.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta etapa procura descrever os procedimentos adotados no desenvolvimento da pesquisa, seguindo o esquema da Figura 2. Os quadros destacados, na cor azul e as setas com linha sólida, representam o esquema principal e os quadros em amarelos com linhas tracejadas representam as informações associadas aos elementos principais.



Fonte: O autor.

A etapa inicial consiste do embasamento teórico, a fim de apresentar os conceitos dos dados, métodos e técnicas utilizado na pesquisa, abordados por diversos pesquisadores do meio acadêmico e científico. Nesta etapa também é desenvolvido todo o estado da arte, apresentando trabalhos com resultados sólidos de pesquisas correlatas, engrandecendo toda a pesquisa, desde a construção da ideia, até os resultados finais.

A etapa 2 consiste na caracterização dos dados utilizados na pesquisa, fazendo toda a análise prévia da área de estudo, para identificar quais dados serão necessários no desenvolvimento do tema. Definindo os recursos tecnológicos que serviram de subsídios para as etapas seguinte. .

A terceira etapa é referente a fotointerpretação. Nesta etapa é gerado todo o processamento dos dados, através do tipo de representação vetorial e a análise espaço-temporal antes, durante e depois do projeto da Cidade da Copa.

A penúltima etapa refere-se aos resultados e discussões da pesquisa, descrevendo análises qualitativas e quantitativas.

Por fim, a última etapa consiste nas conclusões da pesquisa..

3.1 RECURSOS TECNOLÓGICOS

Para execução das etapas supracitadas, foram utilizados os materiais listados a seguir:

- Notebook Samsung, processador Intel Core i5, 8GB RAM, Sistema Operacional Windows 10;
- Fotografias aéreas datadas de 1981, Ortofotocartas de 1977 e 1986, Imagem de Satélite Quick Bird de 2007, Ortofotos de 2013 e 2016, disponibilizadas pela CONDEPE FIDEM, COMPESA e pelo 3º Centro de Geoinformação – CGEO – do Exército Brasileiro.
- Arcgis 10.5, como software para processamento dos dados;
- Informações do projeto piloto da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata/PE; disponibilizadas no Portal da Transparência do Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União.

4 EMBASAMENTO TEÓRICO

O embasamento teórico apresenta o estado da arte utilizado na pesquisa, descrevendo conceitos e estudos correlatos de diversos autores.

4.1 FOTOGRAMETRIA

O conceito de fotogrametria é definido pela *American Society for Photogrammetry and Remote Sensing – ASPRS – Sociedade Americana de Fotogrametria e Sensoriamento Remoto*, como a arte, ciência e tecnologia para obter informações confiáveis de objetos através de registro, mensuração e interpretação de imagens fotográficas. Ela pode ser definida também como o conjunto de métodos e procedimentos que permite obter a forma e dimensão de um objeto através de registros fotográficos (PEÑA E MÉNDEZ, 2011; WOLF, *et,al.*, 2014)

O marco inicial do desenvolvimento da fotogrametria está associado ao invento da fotografia. O quadro 1 apresenta a evolução da fotogrametria em um contexto histórico dividido em três ciclos, destacando os principais acontecimentos até a chegada da fotogrametria digital.

Quadro 1 - Evolução da fotogrametria

Ano	Acontecimentos Históricos
1826-1898 Primeiro Ciclo (A fotogrametria de intersecções)	<ul style="list-style-type: none"> • É produzida a primeira imagem e tentativas do uso da fotografia para levantamento topográfico; • Uso da fotografia na confecção de mapas e a invenção do fotogoniômetro, para dar orientação à câmera fotográfica; • Publicação do primeiro livro de Fotogrametria por Carl Koppe; • O uso e produção de fotografias aéreas para fins militares, utilizando balões com câmeras acopladas; • Inicia-se as aplicações da fotogrametria terrestre e é desenvolvido um instrumento de restituição.
1900-1980 Segundo Ciclo (Fotogrametria Analógica-numérica)	<ul style="list-style-type: none"> • É desenvolvido o esteocomparador e é fundado o ISPRS; • Ocorre o primeiro registro aéreo desde um avião; • É desenvolvido fórmulas para a Resseção Espacial
A partir de 1980 Terceiro Ciclo (Fotogrametria Digital)	<ul style="list-style-type: none"> • Geração de imagens digitais a partir de sensores digitais; • Substituição dos restituidores analíticos por computadores modernos; • Os originais cartográficos ganham mais qualidades e detalhes com os registros digitais.

Fonte: Adaptado de Cheli, 2011 e Doyle, 1964.

4.1.1 Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas são registros ou imagens fotográficas de perspectiva geométrica relacionado com o tipo de sensor utilizado, podendo ser dividida em fotografias verticais e oblíquas. Estes registros servem de base para elaboração de alguns produtos, como por exemplo, produção de mapas, planejamento urbano, delimitação de áreas de influência, topografia e cadastro. No entanto, a qualidade das imagens fotográficas pode ser afetada de forma natural ou pela interferência humana (JAN, 1993; RAY, 1960; SCHENK, 2005).

A seguir apresenta-se alguns exemplos dos fatores que afetam a fotografia:

- Influenciados pelo homem: distância focal da lente, altura do voo, combinações de filmes, filtros e ângulos da lente.
- Influenciados pela ação da natureza: cor dos objetos fotografados, posição do objeto em relação ao ângulo do sol e quantidade de neblina.

A utilização de registros fotográficos oriundos da fotogrametria possibilita extrair dados qualitativos e quantitativos sobre o uso e cobertura do solo, serve de base para posição espacial de elementos e permitem uma visão tridimensional através da estereoscopia (BRAGA, 2016).

As fotografias aéreas apresentam uma diversidade de aplicações. Estudos mais recentes apresentam resultados confiáveis com a utilização de registros fotogramétricos aéreos de pequeno formato para a contagem e mensuração de copas de árvores, monitoramento de *Eucalyptus* e agricultura de precisão (MARTELLO, 2015; FUSIOKA, 2016; FAVARIM *et.al*, 2013).

4.1.1.1 Classificação das Fotografias Aéreas

As fotografias aéreas são classificadas conforme o tipo de emulsão, orientação e distância focal do eixo da câmera.

O intervalo de sensibilidade da emulsão é utilizado para classificar a fotografia em pancromática preto e branco (utilizada para mapeamento fotogramétrico), pancromática colorida (fotografias coloridas utilizadas para mapeamento e principalmente para interpretações mais recentes), Infravermelho preto e branco

(utilizadas para aplicações com condições climáticas que interferem na visualização por exemplo, uma névoa) e a infravermelho colorida ou falsa cor (utilizado comumente para análise de vegetação) (SCHENK, 2005).

Segundo Wolf *et al* (2014), a classificação das fotografias aéreas, conforme a orientação do eixo ótico da câmera, é dividido em dois tipos: vertical e oblíqua; onde:

- 1) Vertical: são registros fotográficos capturados com o eixo da câmera direcionado ao nadir. Se este grau de inclinação fosse perfeitamente vertical na tomada da foto, o plano fotográfico seria paralelo ao plano de referência, logo o produto resultante seria denominado verdadeiramente vertical. Porém, dificilmente isto é possível devido as inclinações inevitáveis sofridas pela aeronave. Normalmente, quando o grau de inclinação definido para este o tipo de fotografia é superior a 3° , denomina-se fotografia inclinada ou oblíqua.
- 2) Oblíqua: são registros fotográficos com o grau de inclinação do eixo ótico da câmera propositalmente inclinado. Este grau de inclinação pode variar de $3^{\circ} > a \leq 30^{\circ}$, denominada oblíqua baixa, e as inclinações acima de 30° , chamadas de oblíquas alta, quando o horizonte é visível.

A Figura 3 apresenta uma fotografia do tipo vertical do ano de 1997, cedida pela Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE FIDEM), que representa uma faixa da área do município de São Lourenço da Mata. Nesta fotografia é possível identificar, na parte superior, as informações referentes a faixa do voo (FX21 / 012), o órgão responsável pela foto (FIDEM), a escala e a data do voo (1/6000 de 13/06/1997).

Figura 3 - Fotografia aérea vertical



Fonte: CONDEPE FIDEM (2017).

A Figura 4 apresenta as duas classificações das fotografias oblíquas, onde em (a) a oblíqua baixa do ano de 2005, representando a área de Apipucos/Macaxeira, Recife/PE e em (b) a fotografia oblíqua alta dos manguezais do Pina, Recife/PE, 2005.

Figura 4 - Fotografia aérea oblíqua



(a) Oblíqua Baixa



(b) Oblíqua Alta

Fonte: Schuler, C. A. B. (Acervo particular).

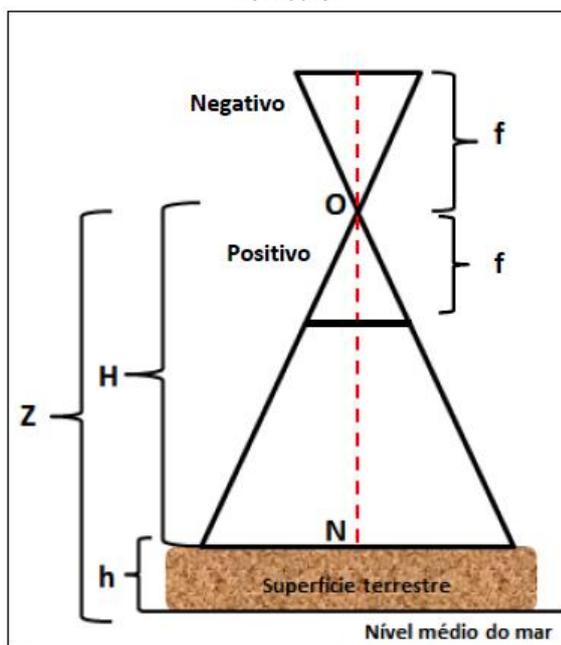
4.1.1.2 Escala das fotografias aéreas

As escalas das fotografias relacionam-se diretamente com as resoluções a serem obtidas, refletindo-se nas escalas dos originais cartográficos, tais como: mapas restituídos, ortofotocartas, ortofotos e no ICN (Intervalo de Curva de Nível). Contudo, a precisão tem relação direta com a qualidade do instrumento de restituição, antes os estereorestituidores e atualmente com as estações fotogramétricas digitais, e com a qualidade da resolução dos registros fotográficos em scanners ou obtidas diretamente de câmeras digitais (SILVA, COSTA, 2010).

Nas fotografias aéreas, assumindo que plano focal da imagem (negativo) é paralelo ao plano do terreno e a distância entre o eixo ótico da câmera e sua projeção no terreno é a altura relativa de voo (se estimamos o nível do mar, tem-se a altura absoluta do voo), a escala representa a relação de proporção ou redução das dimensões reais do objeto no terreno e as dimensões representadas na fotografia. A imagem que representa uma fotografia vertical é considerada uma projeção central cônica, apresentando um plano focal da imagem negativo e positivo. Na prática utiliza-se o plano focal positivo, plano paralelo ao negativo, porém distanciado do centro de projeção até o terreno em uma magnitude igual à distância principal da câmera utilizada (CHELI, 2011).

A Figura 5 apresenta esquematicamente a relação de escala a partir de registros fotográficos aéreos verticais, onde o centro de projeção está representado pela letra O, a distância focal em f , o eixo da câmera é simbolizado por uma linha tracejada em vermelho no ponto nadir N, o h representa à altura do terreno no nível médio do mar e as alturas de voo relacionadas são expressas por H e Z , que são respectivamente a altura relativa em relação à superfície terrestre e a altura absoluta.

Figura 5 - Distribuição esquemática dos elementos de uma escala obtida por fotografias aéreas verticais.



Fonte: O autor.

Analisando a relação de proporcionalidade da Figura 5, é possível expressar a escala pela fórmula 1.

$$E = \frac{f}{Z - h}; E = \frac{f}{H} \quad (1)$$

Onde:

E = Escala de voo

f = Distância focal do sensor

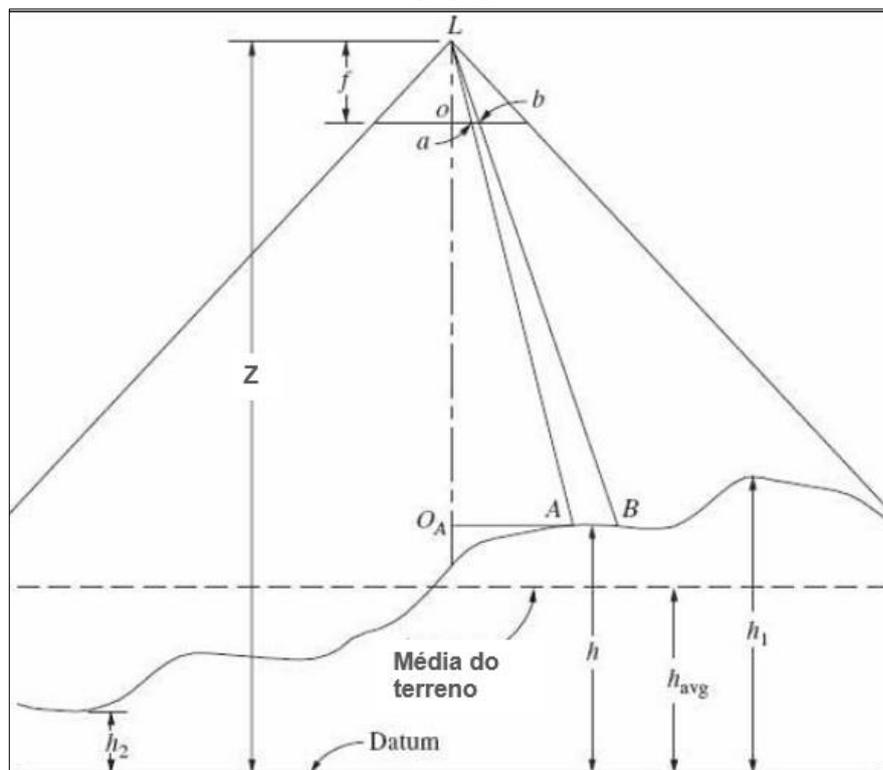
Z = Altura absoluta levando em conta o nível médio do mar

H = Altura relativa em relação à superfície terrestre

As escalas de fotografias aéreas, com variação da elevação do terreno, ocorrem quando um objeto fotografado no terreno varia em elevação. Logo, a distância do objeto variará juntamente com a escala da foto. Toda escala de fotografia vertical será ampliada com o aumento da elevação do terreno e se reduzirá quando houver a diminuição desta elevação (WOLF *etal.*, 2014).

A Figura 6 apresenta dois objetos, a e b, vistos do espaço positivo e projetados no solo (A e B); o L representa o centro de projeção; Z é a altitude em relação ao nível do mar; f é a distância focal; O é o eixo vertical ao ponto nadir; a linha tracejada na horizontal representa a altura média do terreno, que é expressa por , e os h1 e h2 são variação de altitudes no terreno.

Figura 6 - Distribuição esquemática de uma fotografia área vertical com variação de elevação do terreno.



Fonte: Adaptado de WOLF *et al.*, 2014.

Logo, a escala de h (elevação dos pontos A e B) é igual à proporção da distância na foto ab e no terreno AB , podendo, matematicamente, ser expressa pela fórmula 2.

$$E = \frac{ab}{AB} = \frac{La}{LA} \quad (2)$$

Onde:

ab = Distância no plano de projeção entre os dois objetos

AB = Distância no terreno entre os dois objetos

La = Distância do centro de projeção ao ponto a no plano positivo

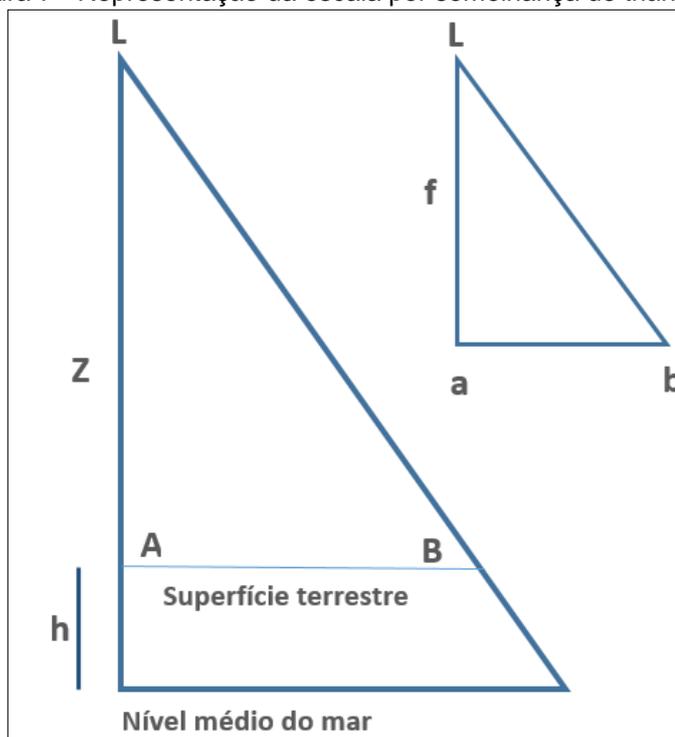
LA = Distância do centro de projeção até o ponto A

E = Escala

A fórmula também pode ser expressa por semelhança de triângulos, como apresentando na Figura 7, através de uma ilustração retirada da Figura 6, destacando

um triângulo formado pelo centro de projeção (L), distância focal (f) e os objetos, a e b no plano de projeção. Este triângulo, quando comparado a outro, que é formado pelo centro de projeção (L), altura absoluta (Z) e os objetos A e B projetados no terreno, é possível descrever a fórmula da escala, descrita na fórmula 2.

Figura 7 - Representação da escala por semelhança de triângulos



Fonte: O autor.

Realizando a semelhança de triângulos, tem-se:

$$\frac{La}{LA} = \frac{f}{Z} \quad (3)$$

Substituindo os dados da fórmula 2 pela 3 chega-se:

$$E = \frac{ab}{AB} = \frac{La}{LA} = \frac{f}{Z-h} = \frac{f}{H} \quad (4)$$

Onde:

ab = Distância no plano de projeção entre os dois objetos

AB = Distância no terreno entre os dois objetos

La = Distância do centro de projeção ao ponto a

LA = Distância do centro de projeção até o ponto A.

f = Distância focal

Z = Altura absoluta levando em conta o nível médio do mar

h = Altitude do terreno em relação ao nível médio do mar

H = Altura relativa em relação à superfície terrestre

E = Escala

4.1.1.3 GSD (*Ground Sample Distance*)

Em câmeras digitais se faz necessário à alteração do cálculo da escala da fotografia, ou seja, a relação tradicional (distância focal)/(altura de voo) é utilizada para calcular a distância amostral do terreno (GSD – *Ground Sample Distance*) ou o tamanho do pixel no terreno (TPT) (SILVA, 2010).

Este valor é expresso na equação 5.

$$TPT = \left(\frac{h}{f}\right) * d \quad (5)$$

Em que:

h = altura do voo;

f = distancia focal;

d = dimensão física do pixel no sensor.

O tamanho do pixel no solo depende do tempo de amostragem do sistema e da velocidade da plataforma do sensor (KRESSE *etal*, 2012).

Na fórmula 6 é apresentado como é derivado o GSD, segundo (KRESSE E DANKO, 2012), relacionando o tempo de amostragem, altura de voo e escala da imagem, divididos em GSD na posição x e GSD na posição y:

$$GSDx = v * \Delta t ; GSDy = \Delta ymb = \Delta y \frac{hg}{f} \quad (6)$$

Onde:

Δt = Tempo de amostragem

v = Velocidade da plataforma

hg = Altura de voo sobre o terreno

f = Distância focal

mb = escala da imagem

Δy = Resolução do pixel sobre a direção do voo.

4.1.2 Processo de Retificação

A retificação é um processo para elaboração de fotografias verticais equivalentes a partir de negativos fotográficos inclinados. Logo, estes registros são, teoricamente, verdadeiros verticais, livres de deslocamento devido à inclinação. Porém, as fotografias retificadas ainda sofrem variações de escala e no relevo, que podem ser ajustados pela retificação diferencial ou ortorretificação (método que modela a realidade física do processo da imagem por meio de equações de colinearidade e faz a correção dos deslocamentos na escala e no terreno), tendo como produto final as ortofotos.

No entanto, ainda há dois métodos utilizados na retificação, os polinomiais e projetivos, que são soluções mais aproximadas e não corrigem as alterações das imagens sofridas pela escala e relevo (WOLF *et. al.*, 2014; TEMIZ e KULUR, 2008).

A retificação também pode ser considerada como um procedimento para a transformação de imagens digitais livres de distorções, utilizando como parâmetro os pontos de controle obtidos no terreno na imagem bruta relacionando-os com os correspondentes na imagem ortorretificada (TEMIZ e KULUR, 2008).

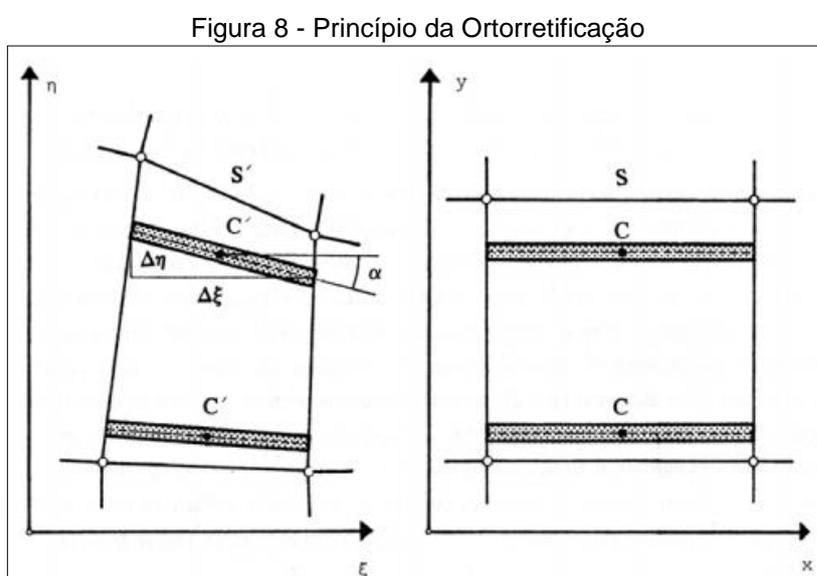
4.1.2.1 Ortorretificação

A ortorretificação ou retificação diferencial é basicamente a mudança de uma fotografia original em uma ortofoto ou de uma imagem em uma ortoimagem.

Nas fotografias analógicas, os parâmetros que definem essa transformação são as posições relativas dos centros das fendas (pequenas áreas retangulares com

grande relação de comprimento e altura), orientação do ângulo e a mudança de escala, que são calculados pela conversão da grade quadrilateral entre duas imagens (transformação bilinear). Logo, o processo da retificação diferencial nestas imagens se dá através de uma fenda estreita de comprimento S , que é movida na direção y , sobre o plano xy da ortofoto. Neste movimento contínuo, o elemento de linha correspondente ao plano $\xi\eta$ é projetado no plano xy (MARINOV, 2003).

A Figura 8 apresenta o processo de ortorretificação, onde é perceptível a mudança de uma projeção original (plano $\xi\eta$) para uma totalmente ortogonal (plano xy).



Fonte: Marinov, 2003.

Na Figura 7 ocorre duas translações no centro das fendas ($C' \rightarrow C$), uma rotação do ângulo α e mudança de escala ($S' \rightarrow S$), onde:

$$a = \arctan D\eta/D\xi \quad (7)$$

Na retificação diferencial em fotografias digital, cada pixel é transferido separadamente da imagem original para a imagem resultante. Os elementos de orientação exterior, interior e modelos digitais de elevação são necessários para realizar a transformação. No entanto, alguns parâmetros adicionais são utilizados para corrigir erros dos sensores e podem ser adicionados a fórmula de colinearidade para aumentar a precisão do produto gerado e da transformação (TEMIZ e KULUR, 2008).

A seguir é apresentado a fórmula de colinearidade utilizada no processo de ortorretificação.

$$x = \frac{f * m_{11}(X - X_0) + m_{12}(Y - Y_0) + m_{13}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \quad (8)$$

$$y = \frac{f * m_{21}(X - X_0) + m_{22}(Y - Y_0) + m_{23}(Z - Z_0)}{m_{31}(X - X_0) + m_{32}(Y - Y_0) + m_{33}(Z - Z_0)} \quad (9)$$

$$m = \begin{pmatrix} \cos f * \cos k & \cos w * \operatorname{sen} k + \operatorname{sen} w * \operatorname{sen} f * \cos k & \operatorname{sen} w * \operatorname{sen} k - \cos w * \operatorname{sen} f * \cos k \\ -\cos f * \operatorname{sen} k & \cos w * \cos k - \operatorname{sen} w * \operatorname{sen} f * \operatorname{sen} k & \operatorname{sen} w * \cos k + \cos w * \operatorname{sen} f * \operatorname{sen} k \\ \operatorname{sen} f & -\operatorname{sen} w * \cos f & \cos w * \cos f \end{pmatrix} \quad (10)$$

Em que:

x e y = Coordenadas redefinidas de um ponto P no espaço imagem e no Sistema fotogramétrico.

f = Distância focal

m_{ij} = Elementos da matriz de rotação em função dos ângulos de atitude da câmera (ω , φ , κ).

X_0, Y_0, Z_0 = Coordenadas do centro perspectivo da câmera no referencial espaço objeto.

X, Y, Z = Coordenadas do ponto P no espaço objeto e no sistema de referência estabelecido.

A ortorretificação digital é a melhor técnica de retificação, pois corrige todas as distorções causadas por sensores e outros fatores (TEMIZ e KULUR, 2008).

4.1.2.2 Ortofoto

Atualmente, os produtos de mapeamento geoespacial exigem dados planimétricos recentes, com precisão e características identificáveis dos objetos (FALKNER e MORGAN, 2002).

Uma ortofoto é uma fotografia que mostra imagens de objetos com posições ortográficas verdadeiras e são amplamente utilizadas em conexão com os Sistemas

de Informação Geográfica – SIG – onde serve tanto como quadros de referência planimétricos para realizar análises quanto para gerar camadas de informações para banco de dados. No que se refere a planimetria, esses produtos são geometricamente equivalentes aos mapas planimétricos de traços e símbolos convencionais. No entanto, enquanto os mapas apresentam traços e uma simbologia para dimensionar os recursos, uma ortofoto apresenta uma grande variedade nas imagens, sendo aplicadas para medições diretas de distâncias, ângulos, posições e áreas sem a necessidade de correções para deslocamento de imagens (WOLF *et.al*, 2014).

4.1.2.2.1 Processo de Geração das Ortofotos

As ortofotos são geradas após a ortorretificação, corrigindo os efeitos do deslocamento do relevo e dos ângulos de atitudes (variações sofridas pela câmera devido ao trajeto e instabilidade da aeronave) causados pela aeronave (FALKNER e MORGAN, 2002; WOLF *et.al*, 2014).

Antes da fotogrametria digital, os dispositivos ópticos e mecânicos, eram utilizados para gerar as ortofotos de filmes diapositivos. Atualmente, com a modernização e evolução da tecnologia, esses arquivos são produzidos digitalmente, seja obtido de sensores digitais ou digitalizados por *Scanners* Fotogramétricos.

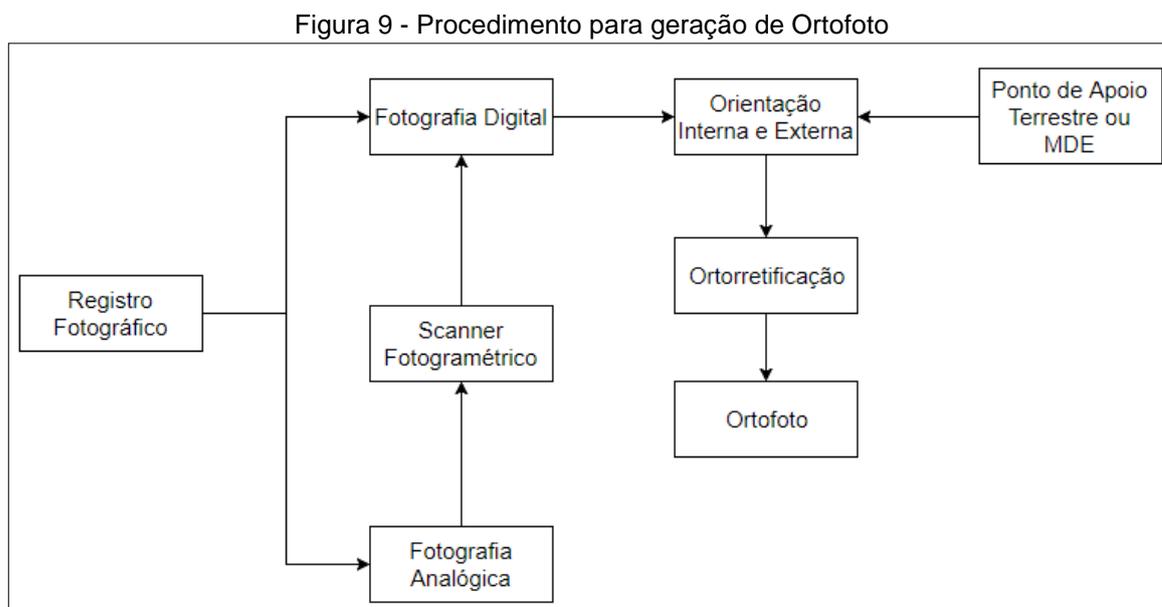
Antes da geração da ortofoto, ainda no processo de ortorretificação, as fotografias devem estar com alguns dados já definidos, que são:

- a) Pontos de apoio do terreno ou Modelos Digitais de Elevação (MDE);
- b) Parâmetros de orientação externa conhecidos (ω , φ , k , XL, YL e ZL), os três primeiros parâmetros são os ângulos de atitudes e os demais são a relação do eixo óptico com o plano do terreno;
- c) Coordenadas da imagem digital (linhas e colunas), para realização da orientação interna.

Entretanto, as imagens adquiridas com câmeras digitais, consiste unicamente na determinação da posição do ponto principal da foto, ou seja, o centro da imagem digital (linha, coluna). Estas imagens não carecem de marcas fiduciais, pois o processo é completamente automático, sendo necessário apenas informar os parâmetros de

calibração da câmera. Por fim, uma relação matemática entre esses parâmetros é aplicada, utilizando a equação de colinearidade, e é gerado a ortofoto (Wolf *et.al*, 2014).

A Figura 9 representa esquematicamente como é gerado uma ortofoto, pois a partir do momento que se dispõe dos registros fotográficos é realizado a orientação externa. Se as fotografias forem analógicas, devem ser convertidas para digital, utilizando um *Scanner Fotogramétrico* e posteriormente será realizada a orientação interior, utilizando as marcas fiduciais para determinar o ponto principal da fotografia. Após a orientação interna ou interior, é realizado a orientação exterior, onde são utilizados os pontos de apoio terrestre para realizar a ortorretificação, tendo como produto final a ortofoto.

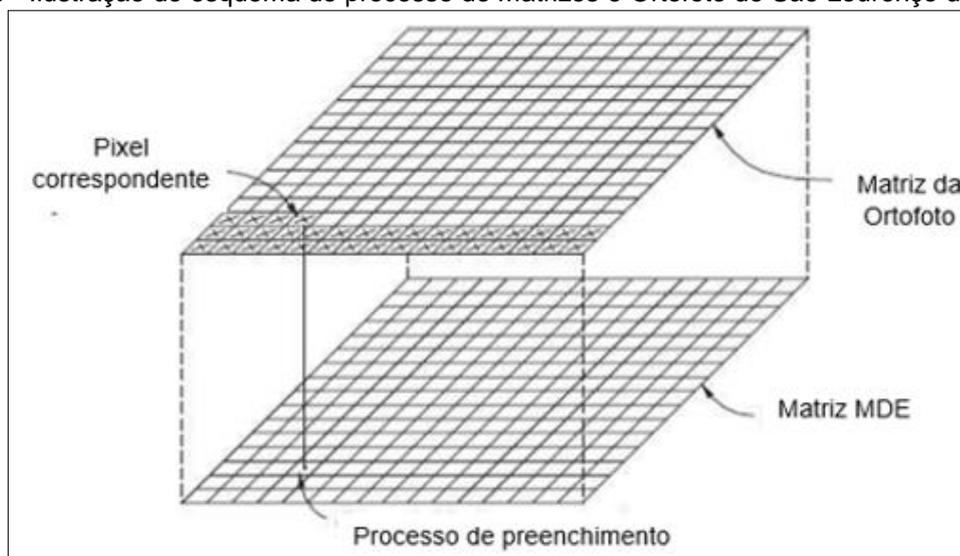


Fonte: O autor.

O processo de criação de uma ortofoto digital requer uma aplicação repetitiva das equações de colinearidade para todos os pontos da matriz de pixel do MDE.

A Figura 10 ilustra duas situações. A primeira, representada por (a), apresenta o esquema do processo de matrizes do MDE e da ortofoto, que inicialmente está vazia, e a medida que o processo de ortorretificação é executado, cada pixel será preenchido conforme o correspondente em ambas as matrizes. A segunda ilustração, indicada por (b), é uma ortofoto obtida através de câmeras digitais, onde foi realizado todo o procedimento da Figura 09.

Figura 10 - Ilustração do esquema do processo de matrizes e Ortofoto de São Lourenço da Mata/PE



(a) Esquema de matrizes do MDE e Ortofoto.

Fontes: Adaptado de Wolf *et.al*, 2014



(b) Ortofoto do entorno da Cidade da Copa

Fontes: Compesa, 2014 (Acervo particular).

4.1.2.3 Ortofotocarta

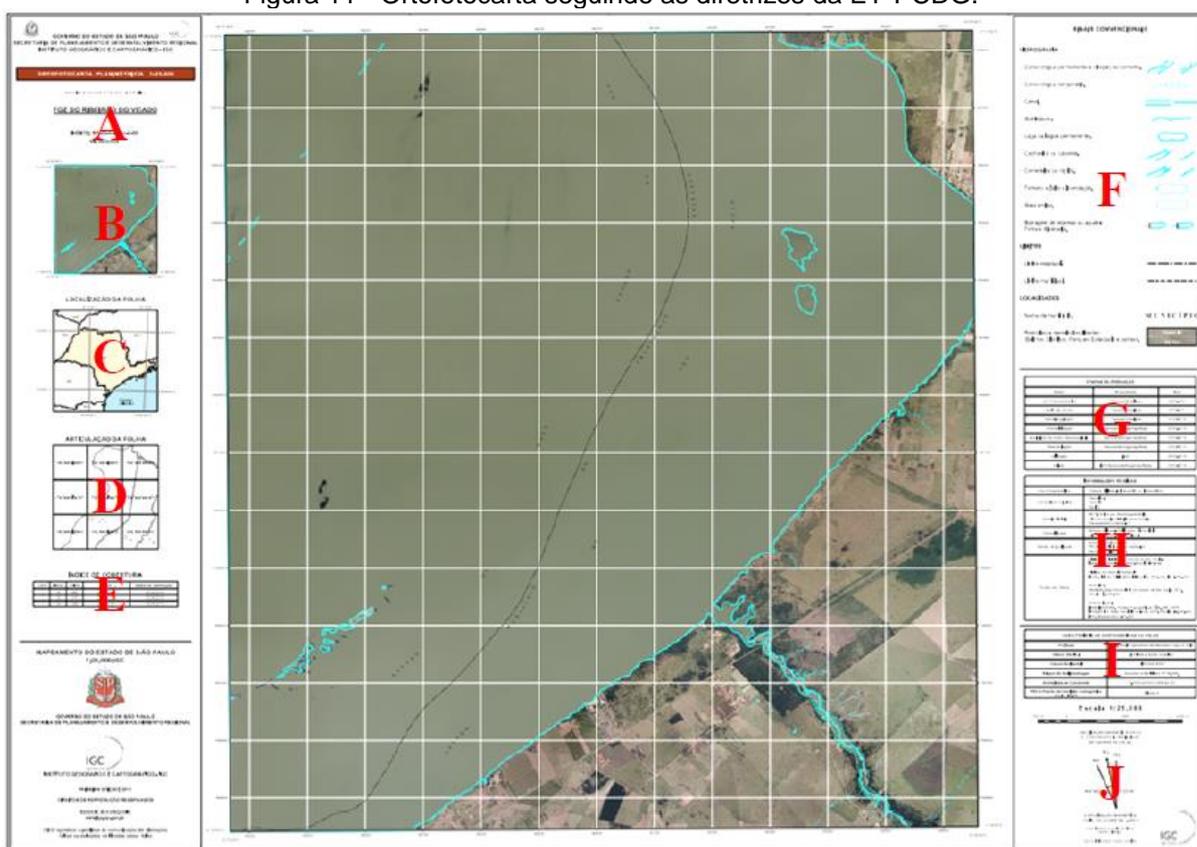
Os estudos de Vozenilek e Belka (2016), apresentam um conceito sólido sobre o tema. Os autores chegaram à conclusão que a ortofotocarta é um mapa especial que retrata o espaço geográfico em uma projeção cartográfica e escadas de mapas particulares compostos por dois componentes importantes: imagem e símbolo. O

primeiro é representado por registros de sensores e o segundo por símbolos cartográficos. Portanto, este produto cartográfico deve conter três atributos essenciais: projeção cartográfica, escala e componente de símbolo identificados na legenda.

As ortofotocartas geradas a partir de ortofotos oferecem vantagens significativas em relação as fotografias aéreas e os mapas de traços, pois contém as informações de ambos em um único arquivo. Estes produtos podem ser apresentados através de um mosaico de ortoimagens ortorretificadas com representação de altimetria do terreno. O Instituto Geográfico e Cartográfico de São Paulo (IGC) está gerando estes produtos seguindo as diretrizes do Exército Brasileiro, estabelecidas pelas Especificações Técnicas para Produtos de Conjuntos de Dados Espaciais (ET-PCDG) (ROMANHOLI *et.al*, 2015; WOLF *et.al*, 2014).

A Figura 11 apresenta uma ortofotocarta seguindo a ET-PCDG, onde cada letra representa as informações segundo a norma técnica, totalizado 10 referências à serem agregadas antes de gerar o produto final. O intuito desta figura é apenas identificar os elementos necessários, *layouts*, que devem conter na ortofotocarta, conforme a normativa em questão.

Figura 11 - Ortofotocarta seguindo as diretrizes da ET-PCDG.



Item	Descrição	Item	Descrição
A	Nome da folha, índice no Sistema Cartográfico Nacional e número MI	F	Sinais convencionais
B	Miniatura da folha	G	Responsáveis pela elaboração das etapas de mapeamento e anos em que foram executadas
C	Localização da folha no Estado de São Paulo	H	Padrões de qualidade e fontes dos dados
D	Articulação com folhas vizinhas, limites e sedes municipais	I	Parâmetros cartográficos
E	Índice de cobertura de imagens aéreas	J	Escala e informações de magnetismo e convergência meridiana

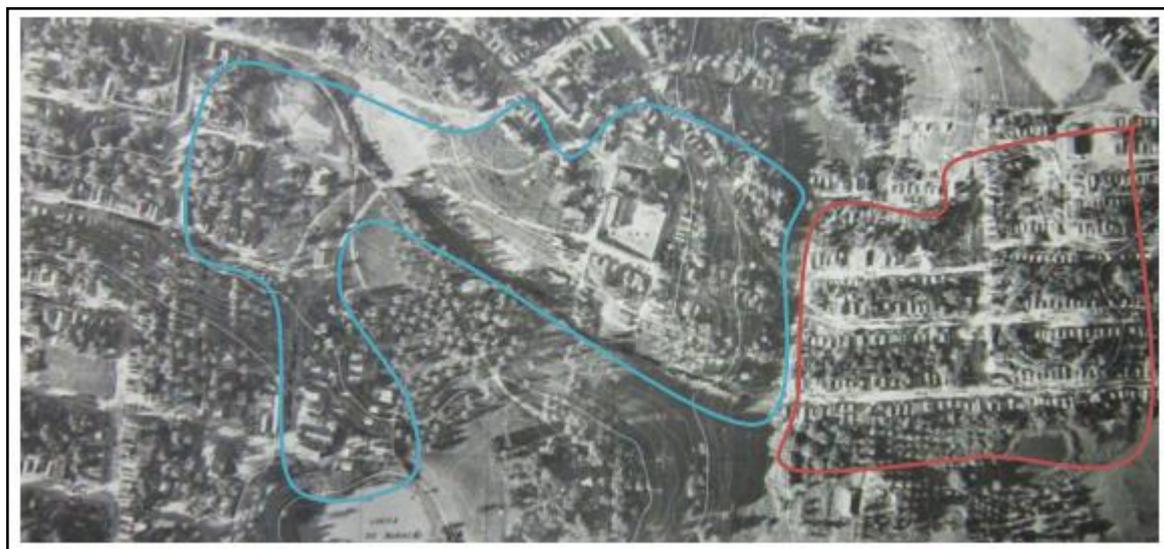
Fonte: Adaptado de Romanholi *et.al*, 2015.

No ano de 2009 o Serviço Geográfico do Exército (DSG) e o Estado da Bahia firmaram um convênio para a fiscalização e homologação de produtos fotogramétricos nas escalas de 1:25.000 para o litoral e o oeste do estado e de 1:50.000 para o semiárido baiano. O produto final da análise feita pela DSG foram as ortofocartas, que foram originadas por diversos procedimentos, partindo do voo fotogramétrico, geração de fotografias aéreas, ortoimagens e obtenção de curvas de nível, seguindo as especificações técnicas da ET-PCDG (PENHA *et.al*, 2012).

A utilização de ortofocartas de diferentes épocas agregadas ao geoprocessamento permite obter uma boa interpretação dos dados multi-temporais do uso e ocupação do solo, avaliando os índices de acréscimo ou decréscimo de vegetação, solo exposto, sistema viário e edificações dentro de um determinado período de tempo (SILVA, *et.al*, 2014). Estes produtos fotogramétricos também auxiliam no ordenamento territorial, verificando a expansão de assentamentos em áreas precárias (comunidades). Os resultados extraídos desta análise estabelecem informações precisas ao poder público para o melhoramento urbano (NASCIMENTO, 2012).

Na Figura 12, é retratado o uso de ortofocartas de 1978 para identificar as comunidades nos bairros de Oitizeiro e Cruz das Almas, no Mato Grosso. O polígono em azul representa a Comunidade Baleado e em vermelho é destacado a Comunidade Jardim Bom Samaritano.

Figura 12 - Ortofocarta de 1978 destacando áreas de comunidades



Fonte: Nascimento, 2012.

4.2 FOTOINTERPRETAÇÃO

As fotografias, em particular fotografias aéreas, para fins de interpretação já eram utilizadas desde a 1ª Guerra Mundial (1914-1918) pelo serviço de inteligência militar. Durante as duas guerras mundiais, os Eng. Florestais e Geólogos utilizavam, respectivamente, os registros fotográficos para inventários florestais e exploração mineral, fazendo a separação do tipo de material do solo, condições de drenagem,

dentre outras interpretações sem ir à campo. Durante a 2ª Guerra Mundial, a fotointerpretação foi utilizada para obter informações sobre a base inimiga, concentrações de tropas, acessibilidade para diferentes tipos de veículos, etc. Desde então, já se adotava a fotointerpretação como uma ciência, apresentando métodos variados de interpretar os registros fotográficos, por exemplo, o método análise de elementos, que se baseia em uma análise sistemática de informações individuais relevantes facilmente identificáveis nas fotografias. Outro método que ganhou força em alguns países é o de análise fisiográfica, identificando a geomorfologia apresentada nas fotos (FARSHAD, 2006).

A fotointerpretação examina as imagens fotográficas com a finalidade de identificar objetos e deduzir o significado correspondente a cada interpretação. De uma maneira geral, todos podem ser um foto-interpretador. Porém, para se obter uma gama de informações bem detalhada (dependendo da finalidade) requer conhecimento teóricos e práticos (JAN, 1993).

4.2.1 Princípios de Interpretação dos Objetos

A princípio, é simples reconhecer objetos em fotografias horizontais ou oblíquas. Entretanto, nos registros verticais alguns elementos podem apresentar uma certa dubiedade, por exemplo, árvores aparecem como pontos negros, distinção de estradas, canais e linhas férreas dificultam a interpretação. Contudo, é necessário desenvolver um processo lógico para solucionar algumas dúvidas durante a interpretação (JAN, 1993).

Segundo Jan (1993) e Farshad (2006), algumas características presentes nas fotografias ajudam na interpretação. São elas:

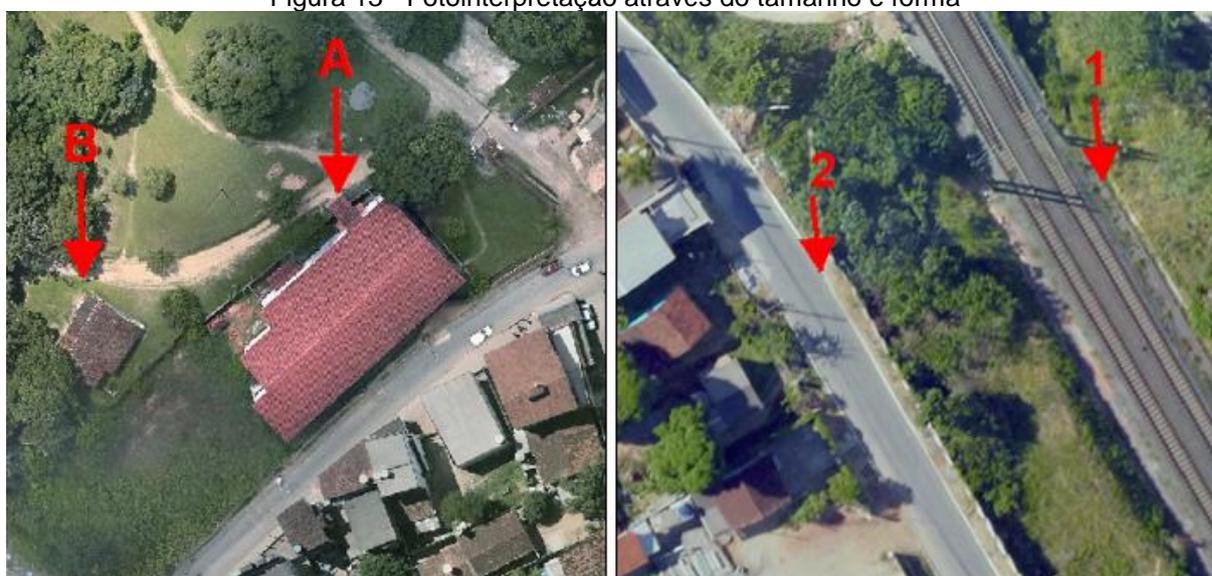
1) Tamanho: é uma importante característica para identificação de um objeto, por exemplo, é perceptível distinguir um carro de um caminhão, pois se eles forem apresentados na mesma fotografia em escalas distintas, por exemplo, 1:20.000 e 1:10.000, o caminhão apresentaria maior comprimento. Um outro exemplo seria a identificação de uma rodovia e uma estrada de aldeia, pois a primeira representa uma linha mais larga e a outra mais estreita.

2) Forma: refere-se à aparência do esboço de um objeto em uma fotografia vertical. Pois, como observamos o registro de cima, os elementos apresentam formas diferentes da que estamos habituados a identificar. Por exemplo, é fácil identificar um

estádio de futebol pela forma que apresenta, assim como também é possível identificar formatos como colinas, vales, características vegetais, pasto, edifícios e estradas.

A Figura 13 destaca estas situações de interpretação. A imagem indicada em (a) representa o tamanho, onde é possível diferenciar uma escola, representado pela letra A, de uma casa, em B. Na imagem em (b) é ilustrado um exemplo da forma, em 1 uma ferrovia, pois apresenta trechos disposto de forma paralela entre si (trilhos) e 2 uma estrada pelo formato mais uniforme e com curvas acentuadas.

Figura 13 - Fotointerpretação através do tamanho e forma



(a) Tamanho

(b) Forma

Fonte: O autor.

3) Sombra: é definido como uma imagem espelhada ou imagem do perfil de um objeto. A sombra facilita a interpretação de objetos dificilmente identificados em fotografias verticais, por exemplo, os postes e árvores apresentam, em teoria, um ponto. Entretanto, a sombra detectada na imagem, facilita a interpretação desses objetos. Por outro lado, também afeta a fotografia quando está presente no solo, pois dificulta a distinção do tipo de solo presente em determinada região.

4) Padrão: é definido como a disposição espacial dos objetos em uma sequência repetida ou uma ordem característica. O padrão refere-se também a arranjos ordenados. Um exemplo simples de padrão é quando analisamos as árvores que crescem ao longo de uma estrada tem um padrão diferente das que crescem em parques ou quando depara-se com linhas férreas e estradas, ambas podem possuir o

mesmo tamanho, mas possuem padrões diferentes, enquanto uma possui um padrão mais linear com curvas graduadas e poucas intersecções, já as estradas podem ter curvas acentuadas e várias intersecções.

A Figura 14 apresenta as duas situações citadas, onde em (a) representa a interpretação feita através da sombra e em (b) o exemplo do padrão. Percebe-se que em (a) verificamos que a sombra das nuvens, em B, confunde bastante com o rio em A, dando uma aparência que há um certo transbordamento do rio nesta área. No segundo exemplo, em (b), identificamos em 1 o padrão de uma vegetação nativa e em 2, um padrão de jazida de minério, devido ao grande movimento de terra nesta área.

Figura 14 - Fotointerpretação através da sombra e padrão



(a) Sombra

(b) Padrão

Fonte: O autor.

5) Textura e Tom: a textura pode ser definida como um padrão, o que permite reconhecer os objetos. É também expressa por repetições nas mudanças de tom causado por objetos que são muitos pequenos para serem discernidos como elementos individuais. Por tanto, a textura desempenha um papel importante para o reconhecimento de diversos tipos de vegetação, por exemplo, a mata ciliar. Já o tom é definido como uma relativa leveza e escuridão na foto, pois certos objetos registram o tom mais escuro e outros os mais claros, que são os objetos fotografados que refletem a luz solar. As superfícies lisas, como gramados, estradas e solos, tendem a ser mais claros, pois refletem a luz do sol, mas os de superfícies mais ásperas, como florestas, tendem a ser mais escuros. Existem alguns fatores que influenciam na tonalidade da fotografia, que são: reflexão da luz no objeto, sensibilidade da luz do

filme, focos de luz por neblina atmosférica, transmissão de luz pelo filtro utilizado, ângulo de elevação do sol e a posição do objeto no terreno. Tendo conhecimento destes fatores, o foto-interprete fará uma melhor análise nas fotografias.

A Figura 15 destaca a textura em duas fotografias, uma pancromática P&B e outra colorida. Em uma análise interpretativa, percebemos que a vegetação nativa, destacada em um contorno vermelho, apresenta uma textura mais grosseira e um tom mais escuro na primeira imagem (imagem da esquerda) e um matiz de cor de verde mais escuro na segunda (imagem da direita).

Figura 15 - Fotointerpretação através da textura e tom



Fonte: Iowa State University, 2017.

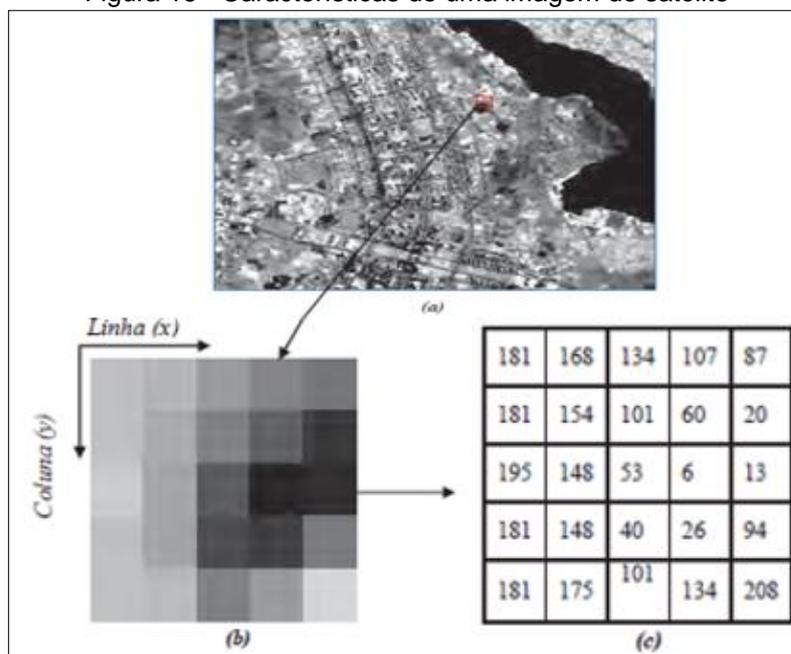
A fotointerpretação, levando em consideração as características citadas, facilitará a identificação dos objetos com grande precisão, obtendo como produto final mapas de análises temporais do uso do solo, geomorfológico e análises de recursos hídricos.

4.3 IMAGEM DE SATÉLITE

As imagens de satélites definem-se como um raster (matriz constituída de pixel) que representam a superfícies terrestre através de registros captados por sensores a bordo dos satélites artificiais. Estes sensores armazenam dois tipos de informação, os *header* da imagem, que é um tipo de cabeçalho da imagem, contendo a identificação do satélite, tipo do sensor, data e hora, tamanho do pixel, etc. E a outra informação armazena os valores numéricos de cada pixel, originando a imagem digital (FIGUEIREDO, 2005; FIDALGO, *et.al*, 2013).

A Figura 16 ilustra uma imagem de satélite (a), onde um pequeno fragmento deste registro é ampliado e representado por uma matriz bidimensional, ou seja, com o mesmo número de linhas e colunas, onde em (b) aparecem os pixels em níveis de cinza e em (c) o valor numérico digital correspondente.

Figura 16 - Características de uma imagem de satélite



Fonte: Meneses e Almeida, 2012.

As imagens de satélites têm uma grande diversidade de aplicações, como por exemplo na determinação da evapotranspiração, no mapeamento do uso e cobertura do solo, fazendo análises espaço-temporal, nas análises de índice de vegetação (FRAGAL, *et.al*, 2015; NASCIMENTO e FERNANDES, 2017; TEIXEIRA, *et.al*, 2015).

Outras fontes relacionadas as aplicações das imagens de satélites podem ser vistas no Quadro 2.

Quadro 2 - Aplicações com imagem de satélite

Autor (s)	Título da Pesquisa	Aplicação	Ano da Publicação
Bosquilia, <i>et.al</i>	Diferentes Imagens de Satélites no Mapeamento Visual de Drenagens e Nascentes em Amostras Circulares	Hidrologia	2015
Barros, <i>et.al</i>	Uso de Imagens de Satélite para Cálculo de Volume em Floresta de Eucalipto no Município de Botucatu/SP	Agricultura	2015
Phiri e Morgenroth	Developments in Landsat Land Cover Classification Methods: A Review	Sensoriamento Remoto	2017
Srinivasan e Teichmann	Analysis of Landsat 8 Multispectral Satellite Imagery for the Identification of Rock-Based Archaeological Sites in India	Arqueologia	2017
Crispim e Albano	O Uso das Imagens de Satélite como Recurso Didático no Ensino de Geografia	Pedagogia	2016

Fonte: O autor.

As imagens de satélites são disponibilizadas, para o usuário, de forma comercial e gratuita. No Brasil, o principal órgão responsável pela distribuição destes registros é o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Dentre os satélites que fazem o imageamento da superfície terrestre e que estão em operação, tem-se abaixo alguns exemplos:

- LANDSAT: Produzido pelos os Estados Unidos desde 1972, com a missão 1, chamada de LANDSAT 1 e atualmente com o LANDSAT 8, lançada em fevereiro de 2013 (USGS, 2015).
- SPOT: Satélite gerado em cooperação com os países europeus, França, Bélgica e Suécia, tendo o primeiro lançamento em 1986 com o projeto SPOT 1. Atualmente, a última versão do SPOT em órbita é o SPOT 7, lançado em 2014 (KAWAKUBO, *et.al*, 2004; UNSALAN e BOYER, 2011; SATELLITE IMAGING CORPORATION, 2018).
- CBERS: O programa CBERS é uma parceria entre Brasil e China, com o primeiro lançamento em 1999, denominado CBERS 1, já em 2014, é lançado o

quinto produto deste programa, chamado de CBERS-4 (SILVA, *et.al*, 2017; FERREIRA e MARTINI, 2014).

- IKONOS: Primeiro satélite comercial dos Estados Unidos, teve o lançamento em 1999 e desde então continua em operação, fornecendo produtos com preços variados (GEOEYE, 2006)..

- QUICKBIRD: Primeiro satélite a orbitar a Terra da constelação *DigitalGlobe*, foi lançado em 2001. Em 2011, a *DigitalGlobe* completou um aumento de órbita, projetado para ampliar a vida e a missão do satélite. Como benefício, foi possível obter registros em duas altitudes, a operacional, de 482 Km e a altitude com descidas graduais, chegando até 450 Km, conseguindo desta maneira obter diferentes resoluções para cada altitude (KUX e PINHEIRO, 2005; DIGITALGLOBE, 2009).

No Quadro 3, são apresentadas algumas características das imagens produzidas pelos satélites citados anteriormente e a Figura 17 apresenta uma imagem multiespectral do entorno da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, capturada pelo satélite QuickBird, no ano de 2007.

Quadro 3 - Características das imagens produzidas por alguns satélites

Satélite	Data do Lançamento	Resolução Espacial (m)		Tempo de Revisita
		Multiespectral	Pancromática	
LANDSAT 8	2013	30	15	16 dias
SPOT 7	2014	6	1,5	1-5 dias
CBERS-4	2014	10	5	5 dias
IKONOS 2	1999	4	1	3 dias
QUICKBIRD (482 Km)	2001	2,62	0,65	1-5 dias, conforme a latitude
QUICKBIRD (450 Km)	2001	2,44	0,61	

Fonte: Adaptado de USGS, 2017; Digital Globe, 2017; Kux e Pinheiro, 2005; Silva *et.al*, 2017; Unsalan e Boyer, 2011.

Figura 17 - Imagem de satélite capturada pelo QuickBird do entorno da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata em 2007



Fonte: 3º Centro de Geoinformação (CGEO) – Acervo particular.

4.4 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG)

Os Sistemas de Informações Geográficas – SIG – (*Geographic Information System – GIS*) são sistemas computacionais que captam, armazenam, manipulam, modelam e fazem análises dos dados espaciais em relação a superfície terrestre. Comumente são utilizados para soluções de problemas de planejamento e gerenciamento. O SIG também pode ser entendido por um conjunto de métodos e técnicas para coleta e tratamento dos dados espaciais (SILVA, 2006; FILHO e IOCHPE, 1996).

Segundo Peuralahti (2014), os SIG's são sistemas ou pacotes de aplicativos desenvolvidos tradicionalmente por cartógrafos e analistas de geoinformação com o intuito de gerenciar, processar e visualizar a informação geográfica para análises do mundo real.

No início dos Sistemas de Informação Geográfica, apenas era possível a representação do dado espacial em um único formato, vetorial ou matricial (*raster*). Atualmente, estes sistemas são integrados para representar estas informações em conjunto (DAVIS, 2001).

4.4.1 Dados Vetoriais

O SIG representa os vetores por feições gráficas similar a um mapa e são representadas por pontos, linhas e polígonos, tendo a posição no espaço referenciado a um sistema de coordenadas (DAVIS, 2001; FILHO e IOCHPE, 1996).

Conforme Beltrão (2012), é através do processo de vetorização que se tem a representação do mundo real, identificando por pontos, linhas e polígonos a definição de um trajeto ou caminho, delimitação de uma área ou representação de um fenômeno.

A integração de rasters e vetores dentro de um SIG, facilita a interpretação e representação de uma área de interesse. Na Figura 18 é apresentado o resultado de uma vetorização em um ambiente SIG, onde foi possível extrair de uma imagem raster, indicada em (a), informações de vetores, figura em (b), representados por lotes (em polígonos vermelhos), árvores (pontos verdes), vias e arruamento (linhas amarelas e pretas).

Figura 18 - Representação vetorial extraídos de uma imagem



(a) Imagem raster

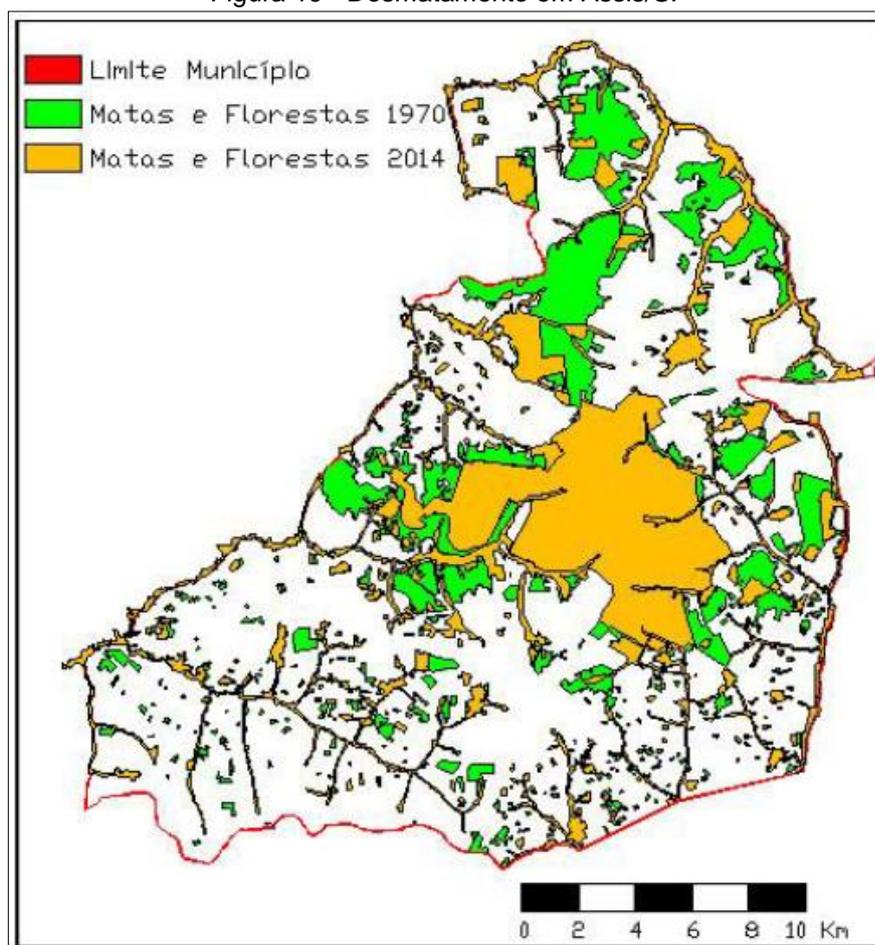
(b) Imagem vetorial

Fonte: O autor.

4.5 APLICAÇÕES DE FOTOGRAMETRIA E FOTOINTERPRETAÇÃO

Segundo Rodrigues *et.al* (2016), o desmatamento ocorrido na cidade de Assis/SP, pode ser detectado através de fotografias aéreas de 1970 e 2015, em uma análise multitemporal. Nesta pesquisa, o autor fez o uso do geoprocessamento para definir as áreas de mata ciliar através dos mosaicos gerados para cada época e fez uma sobreposição das informações obtidas nos últimos 50 anos, concluindo que houve uma redução de aproximadamente 28% nas áreas de matas e florestas, levando em consideração a análise temporal dos produtos utilizados. A Figura 19 destaca os resultados obtidos pelo autor, onde é possível identificar, em amarelo, a mata e floresta do ano de 2014 que representa 10777,64 ha e, em verde, as pertencentes à década de 70 com 15095,8 ha.

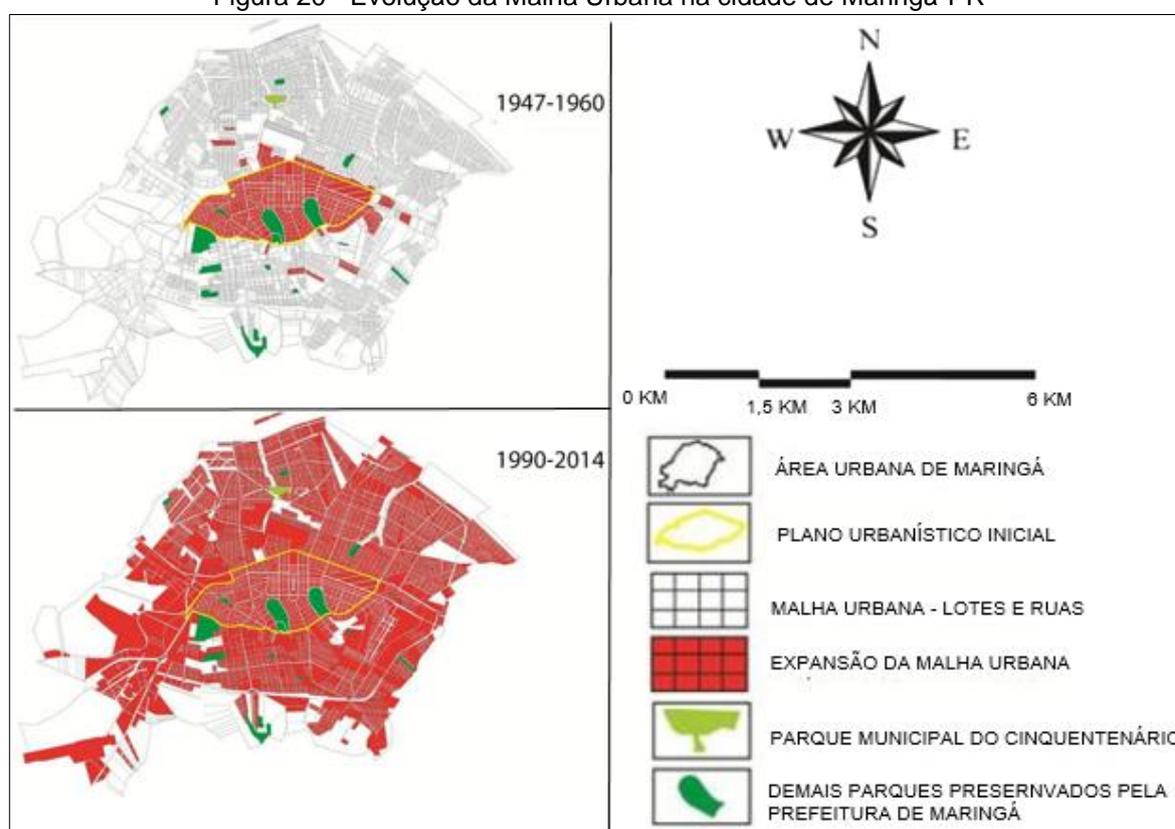
Figura 19 - Desmatamento em Assis/SP



Fonte: Adaptado de Rodrigues *et.al*, 2016.

Conforme Rubira (2016), a maioria das áreas verdes localizadas nas cidades brasileiras sofrem alterações negativas devido ao crescimento urbano e o aumento da população. Partindo desta premissa, a pesquisa do autor propôs elaborar uma análise multitemporal da expansão urbana de Maringá-PR, durante o período de 1947 a 2014, envolvendo o Parque Municipal do Cinquentenário e as principais áreas verdes do município, com fotografias aéreas de 1970, 1989, 1995 e imagens de satélites *QuickBird* de 2005 e *World View 2* de 2010. No período analisado com as fotografias aéreas, a análise multitemporal tornou-se bastante eficiente, pois foi possível verificar a ocupação urbana nos arredores do Parque Municipal do Cinquentenário e sobre todo o município de Maringá-PR. Na Figura 20 são apresentados alguns resultados do autor. Comparando a evolução da malha urbana em duas épocas, 1947-1960 e 1990-2014, onde as principais classes são: a malha urbana representada pela cor vermelha, alguns parques preservados pela prefeitura destacados em verde escuro e o Parque Municipal do Cinquentenário em verde mais claro.

Figura 20 - Evolução da Malha Urbana na cidade de Maringá-PR

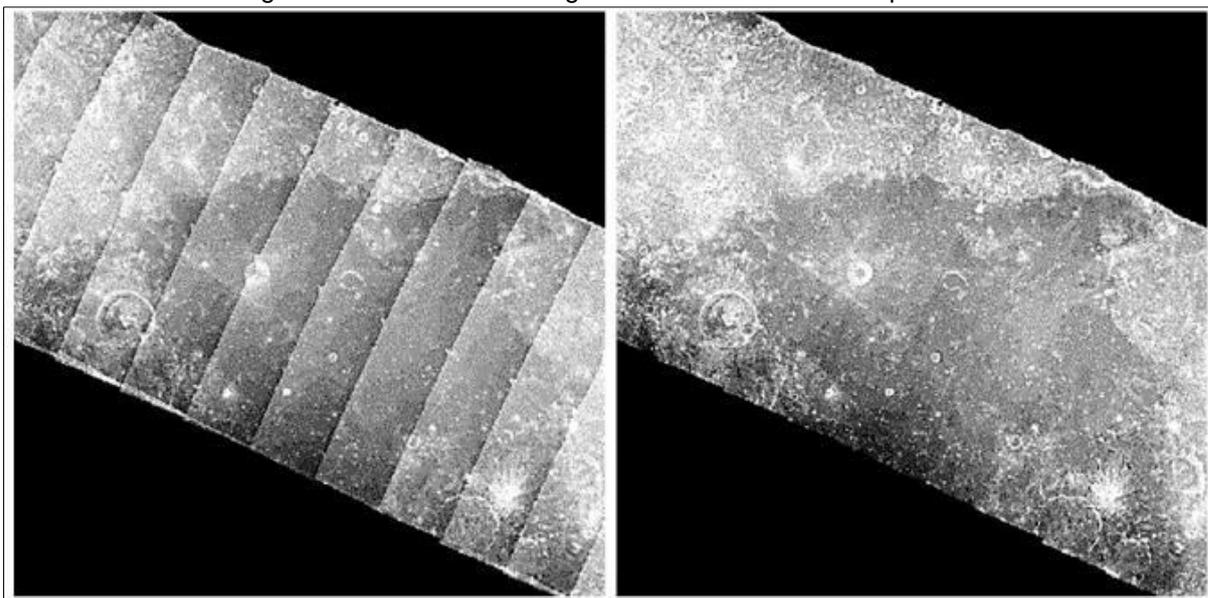


Fonte: Adaptado de Rubira, 2016.

Edmundson (2016) publicou um trabalho no *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, onde abordou o

uso de Imagens Obliquas das Câmera Métrica da Apollo 15, para geração de originais cartográficos. Neste trabalho o autor coletou as imagens obtidas da missão lunar Apollo 15, de 1970, com o objetivo de realizar um mapeamento com imagens digitais e a geração de um MDT (Modelo Digital de Elevação). No processamento dos dados, foi utilizado um Scanner Fotogramétrico, para a digitalização das imagens analógicas e como resultado foi obtido um mosaico da lua desta missão lunar. Este mosaico é destacado na Figura 21.

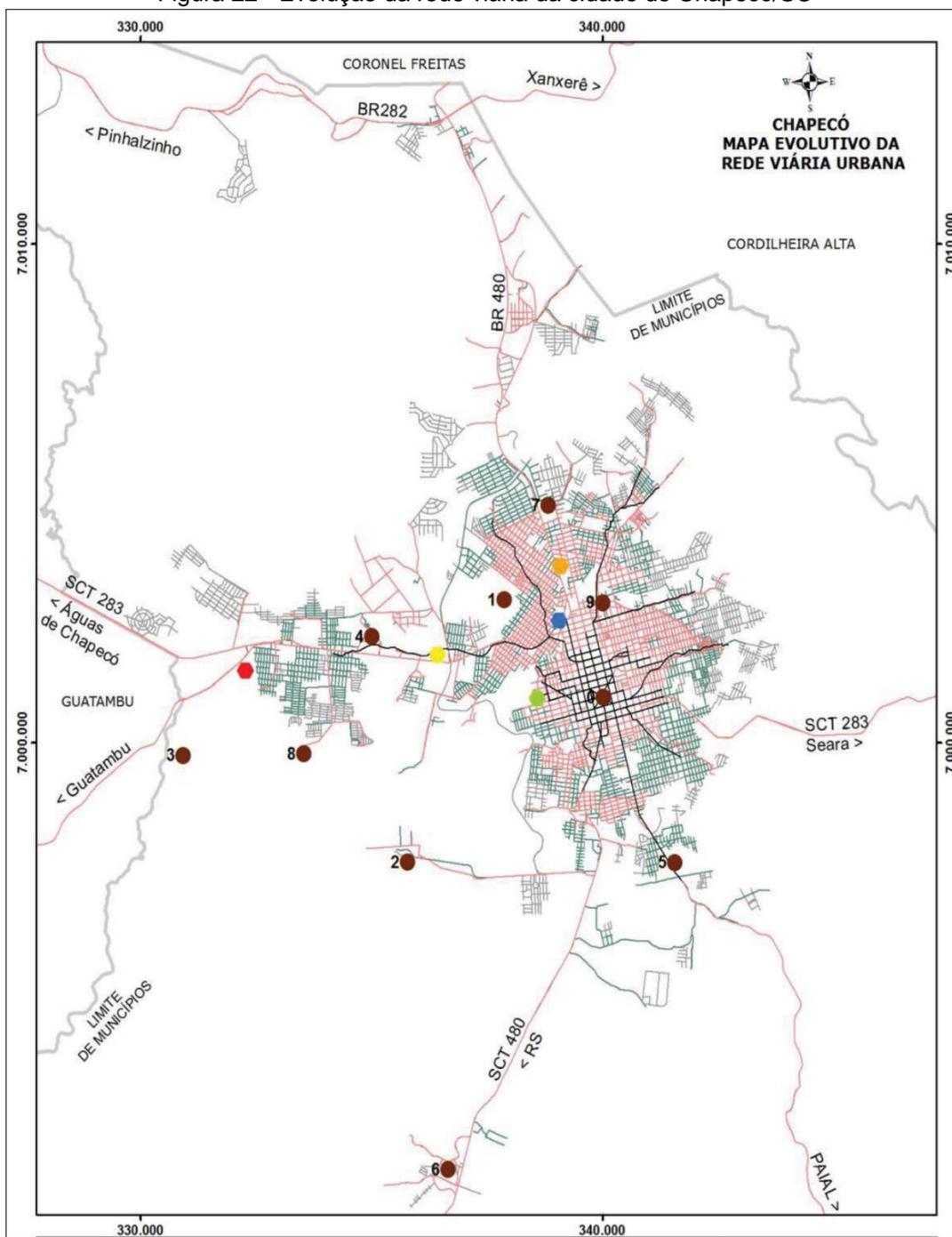
Figura 21 - Mosaico de fotografias aéreas da missão Apollo 15



Fonte: Edmundson, 2016.

Conforme Engler e Loch (2016), o processo urbanização da cidade de Chapecó-SC, passou por grandes mudanças, devido a influência das agroindústrias, agregando-se ao desenvolvimento econômico da região e outros fatores. Diante deste cenário, os autores direcionaram a pesquisa para fazer uma análise temporal da rede viária urbana de Chapecó-SC, tendo como recurso técnico a fotointerpretação em ortofotos do estado de 2010, 1996, 1978 e 1957. Para obtenção dos resultados, foi empregado o método de vetorização para gerar as feições dentro de uma plataforma SIG. Por fim, os autores concluíram que o método utilizado foi bastante satisfatório para a análise e que os órgãos municipais deveriam adotar as análises temporais para se obter um melhor planejamento da cidade como um todo. Na Figura 22 é possível verificar o crescimento da rede viária nas quatro datas analisadas, em que as linhas representadas nas cores preta, laranja, verde e marrom, representam respectivamente os resultados da fotointerpretação de 1957, 1978, 1996 e 2016.

Figura 22 - Evolução da rede viária da cidade de Chapecó/SC

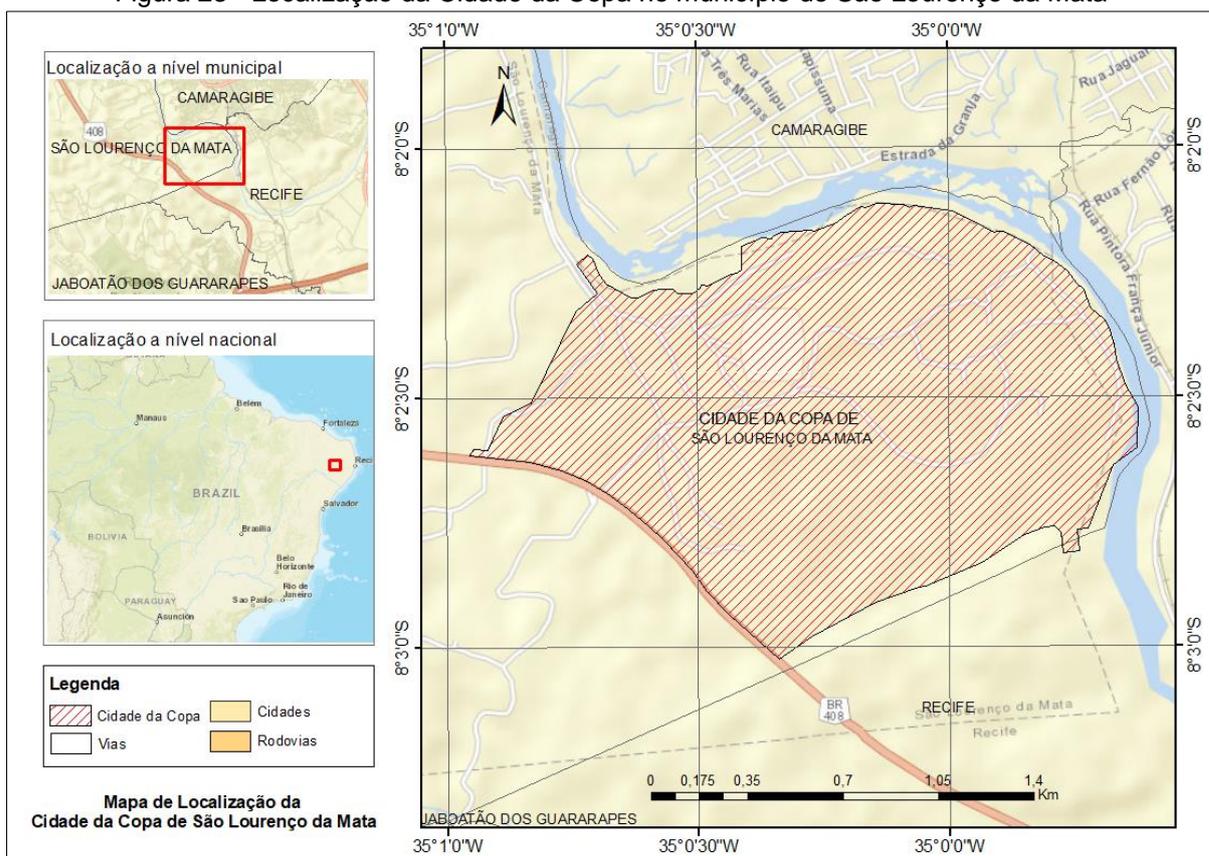


Fonte: Engler e Loch, 2016.

5 ÁREA DE ESTUDO

Em 2009, o estado de Pernambuco foi selecionado para uma das sedes da Copa do Mundo de 2014, representado pela cidade sede Recife. Diante das exigências da Federação Internacional de Futebol (FIFA), a cidade de São Lourenço da Mata com o projeto Cidade da Copa, despontou como a melhor alternativa para atender os requisitos do evento esportivo. O projeto foi escolhido através de um edital de concorrência publicado pelo Governo de Pernambuco, vencendo projetos de cidades concorrentes, como Recife e Olinda. Uma das características do empreendimento é a localização privilegiada do projeto (Figura 23), pois está situada entre os eixos das cidades de Recife, Camaragibe e Jaboatão dos Guararapes (MELLO, 2014; PIRES, 2012).

Figura 23 - Localização da Cidade da Copa no município de São Lourenço da Mata

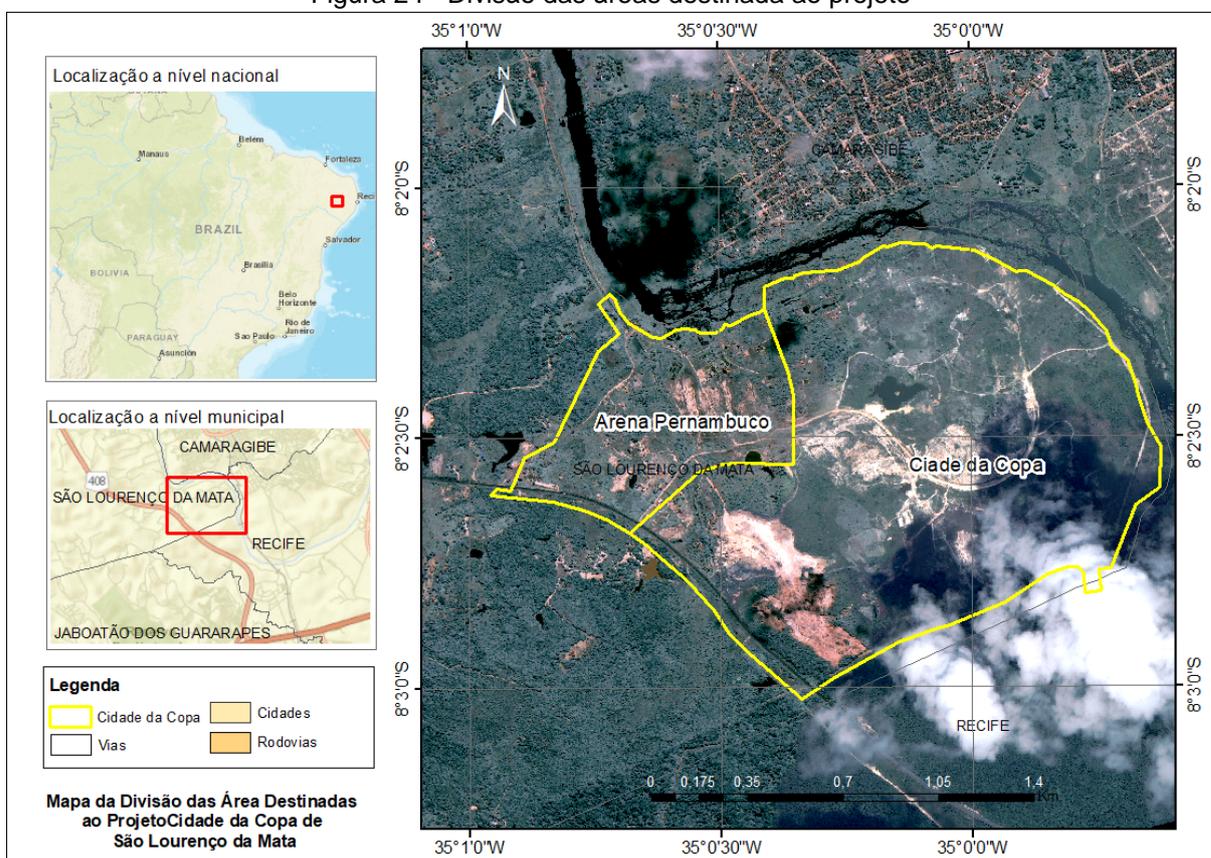


Um fato curioso é que muitas empresas analisaram o Edital. Porém, apenas duas empresas entregaram as propostas – grupo Andrade Gutierrez e Odebrecht – tendo como vencedor o grupo Odebrecht, que havia realizado os estudos prévios de

viabilidade do projeto. A Cidade da Copa foi elaborado através de uma Parceria Pública Privada (PPP), a cargo da empresa vencedora do edital e o Estado de Pernambuco. A princípio, o projeto propôs a construção de uma Arena Multiuso com conjuntos habitacionais, centros de educação, comércio e lazer, contribuindo para o desenvolvimento urbano da cidade e conseqüentemente da Região Metropolitana de Recife (RMR) (PIRES, 2012; ANDRADE *et.al*, 2014).

A Figura 24 apresenta a delimitação, em amarelo, de toda a área da Cidade da Copa, subdividida nos espaços destinados a implantação da arena multiuso e o espaço destinado aos investimentos imobiliários.

Figura 24 - Divisão das áreas destinada ao projeto



Fonte: Adaptado de Pires, 2012.

No projeto básico (página 18), aprovado no edital (disponível no portal da transparência) foi definido que a Cidade da Copa seria desenvolvida em aproximadamente 250 hectares com construção de uma Arena Multiuso, para os jogos da Copa do Mundo, dois estacionamentos, projetos imobiliários, equipamentos públicos, 13 áreas verdes e 7 setores de preservação urbano. A arena seria desenvolvida conforme os padrões da FIFA, os projetos imobiliários, com

aproximadamente 9 mil unidades de uso residencial e comercial, seguindo os padrões definidos pelo Estado e para os equipamentos públicos, seria construído um Instituto Federal de Ensino, hoje conhecido como IFPE (Instituto Federal de Pernambuco). Todas o plano urbanístico seguiu o plano master – *Master Plan* – da cidade da copa.

O *Master Plan* foi dividido em 8 distritos, cada um direcionado a uma implantação dentro de 249 hectares definido em projeto. O quadro 4 mostra a finalidade de cada distrito e a quantidade de área reservada a cada um.

Quadro 4 - Distribuição das instalações seguindo o *Master Plan*

Distritos	Finalidade	Instalações	Área Construída (hectares)
I	Esportes e Eventos	Arena Multiuso	35,6
		Arena Indoor	2,5
		Hotéis e Centro de Convenções	5
II	Comércio/Entretenimento e Uso Misto	Shopping	16
		Bares	
		Restaurantes e Supermercados	
		Cinemas e Teatros	
		Praças	
III	Campus Universitário	IFPE	18
IV	Escritórios com torres comerciais	Office Tower	9,4
		Office Campus	15,49
V e VI	Conjuntos Habitacionais	Residências	57,618
VII	Usos Governamentais	Uso do Governo	Não divulgado
VIII	Hipermercado e Infraestrutura	-	*continuação do II e IV

Fonte: Adaptado de Andrade *et.al*, 2014 e Pires, 2012.

Com as obras iniciadas em 2011, a prioridade para construção foi da Arena Multiuso, visto que em 2013 se iniciaria a Copa das Confederações e no ano posterior, o maior evento de futebol do mundo, a Copa do Mundo de Futebol.

Na Figura 25 é ilustrado a distribuição espacial dos 8 distritos dentro da área destinada ao empreendimento, distribuindo nas cores verde (Distr. I), vermelho (Distr. II), azul (Distr. III), roxo (Distr. IV), amarelo (Distr. V e VI), laranja (Distr. VII) e rosa (Distr. VIII). E nos quadros 5 e 6 são apresentadas algumas características para definição do projeto e a distribuição da área para as Áreas de Preservação Permanente, APP.

Figura 25 - Distribuição espacial dos distritos do *Master Plan*

Fonte: Pires, 2012.

Quadro 5 - Características de mensuração da área da Cidade da Copa

Áreas	Hectares
Área Total	249
Arena Multiuso (Arena de Pernambuco)	35,6
APP	89,39
Cidade da Copa	124

Fonte: Adaptado de Pires, 2012.

Quadro 6 - Características de tempo e distância da área da Cidade da Copa

Principais pontos da RMR	Tempo (min.) e Distância (Km)
Terminal Integrado de Passageiros (TIP)	9 - 8,9
Aeroporto Internacional dos Guararapes	29 - 21,6
Centro de Recife	31 - 20
Centro Histórico de Olinda	36 - 41,6
UFPE	14 - 13

Fonte: Adaptado de Pires, 2012.

O projeto inicial, para atender os prazos, foi dividido em 4 etapas, sendo a primeira com gasto estimado em 800 milhões para a construção da Arena Multiuso, sistemas viários, distritos III, VII e VIII, com a implantação da ETA (Estação de Tratamento de Água), edificações comerciais, 4.700 vagas para estacionamento,

praça de celebração, Shopping Center, bares, restaurantes, cinemas, centro de convenções, hotel, campus educacional e instalações de segurança do governo. Esta etapa, denominada Etapa I teve o prazo encerrado em 2014 (MELLO, 2014; PIRES, 2012).

O quadro 7 descreve o prazo total das etapas seguintes para a construção e finalização da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, com as respectivas unidades que deveriam estar concluídas, conforme o prazo estipulado.

Quadro 7 - Características da área da Cidade da Copa de acordo com as etapas da obra.

Etapas	Período de Conclusão	Unidades Residenciais	Área Comercial (m ²)
Etapa II	2015-2019	1380	82.500
Etapa III	2020-2024	1.685	100.000
Etapa IV	2025 +	1.440	50.000
Total		4.425	232.500

Fonte: Adaptado de Pires, 2012.

5.1 PARCERIA PÚBLICA-PRIVADA (PPP)

A parceria público-privada no Brasil foi desenvolvida em dezembro de 2004, pela promulgação da Lei 11.079/2004, denominada Lei das PPP's, com o intuito de atrair investidores nacionais ou estrangeiros que buscam investimentos de prazos longos e receitas constantes e previsíveis. De modo geral, as PPP's proporcionam enormes vantagens socioeconômicas quando comparadas aos moldes de projetos contratados de forma tradicional de concessão pública, pois é caracterizado por uma menor redução dos custos, maior velocidade para implantação e geração de fontes alternativas de receita (COSTA *et.al*, 2013; FILHO *et.al*, 2015).

A PPP também apresenta um compartilhamento de perdas e ganhos. Contudo, o Estado pode garantir um valor mínimo de receita para o investidor, ocasionando em complemento do valor, caso o ativo opere abaixo do previsto (COSTA *et.al*, 2013).

Em 2017, o *INFRASCOPE*, que é uma ferramenta para avaliar o potencial dos países para implementar parcerias público-privadas sustentáveis e eficientes, financiada pelo Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), publicou na quinta edição, resultados sobre os países da América Latina e, na avaliação geral dos 5 itens analisados (1 - regulamentação, 2 - instituições, 3 - maturidade, 4 - clima de investimento e negócios e 5 - financiamento), o Brasil aparece em uma posição

confortável, na terceira posição. Entretanto, nos itens 1, 3 e 4, figura na melhor posição, em 9º, de um ranking de 19 países (*The Economist Intelligence Unit. 2017*).

No quadro 8 é apresentando a posição de cada país referente a cada tópico da avaliação, onde os valores de 100-80 indicam se o país tem um desenvolvimento sólido, 79-60 está em desenvolvimento, 59-30 é emergente e abaixo de 30 ainda está em crescimento.

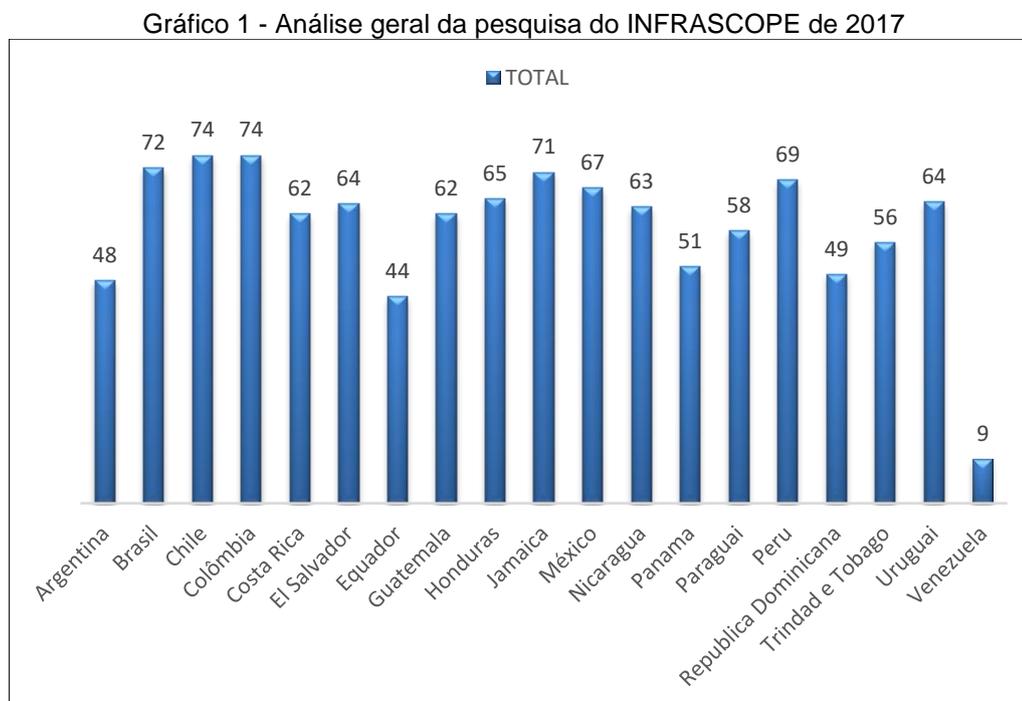
Quadro 8 - Ranking de pontuação do INFRASCOPE de 2017

Países	Regulamentação	Instituição	Maturidade	Clima de Investimentos e Negócios	Financiamento
Chile	91	68	90	61	62
Colômbia	91	75	90	57	59
Brasil	73	88	75	58	65
Jamaica	80	75	89	78	32
Peru	71	66	83	56	70
México	85	61	85	57	49
Honduras	76	63	78	70	39
Uruguai	61	63	72	72	54
El Salvador	90	91	64	38	37
Nicaragua	78	66	81	48	44
Costa Rica	53	40	83	79	54
Guatemala	80	80	65	53	31
Paraguai	71	60	69	56	35
Trinidad e Tobago	49	48	78	67	37
Panama	47	11	76	65	54
Republica Dominicana	68	16	64	51	46
Argentina	60	42	39	55	42
Equador	68	31	22	61	39
Venezuela	13	0	19	9	6

Fonte: Adaptado de *The Economist Intelligence Unit. 2017*.

O quadro 8, apresentou, principalmente no tópico Clima de Investimento e Negócios, a pior pontuação do Brasil. Este baixo desempenho pode-se atrelar aos constantes escândalos de corrupção que o país está enfrentando. Contudo, de uma maneira geral, o Brasil se manteve em uma posição confortável em relação a este ranking, colocando-o na terceira posição, sendo classificado como país em desenvolvimento no quesito de potencial para implantação de uma PPP. No gráfico 1

é apresentado o resultado geral da pesquisa, tendo o Chile na primeira colocação, e a Venezuela na última posição



Fonte: Adaptado de *The Economist Intelligence Unit*. 2017.

5.1.1 PPP no Estado de Pernambuco

No estado de Pernambuco, a primeira PPP contratada foi destinada para área de transporte e denominada de PPP Ponte de Acesso e Sistema Viário do Destino de Turismo e Lazer Praia do Paiva. Este projeto tinha como objetivo a exploração do sistema viário, fazendo praças de pedágios e conexões com as vias existentes e a implantação de um novo acesso ao litoral sul pernambucano. As características deste contrato, gerido pelo Governo do Estado, juntamente com a Construtora Noberto Odebrecht Brasil S.A e Odebrecht Investimentos em Infraestrutura LTDA, tem o prazo de conclusão de 33 anos, contados a partir de 2006 e garantias financeiras do governo para com a concessionária de 20% sobre a implantação e a comercialização de petróleo e seus derivados (FILHO *et.al*, 2015). A situação atual desta PPP, conforme publicação no site Rota dos Coqueiros, em 2016, apresenta resultados positivos e evolutivos.

Segundo o Diário de Pernambuco, em dezembro de 2017, a PPP destinada ao saneamento, gerida pela parceria entre a Companhia Pernambucana de Saneamento

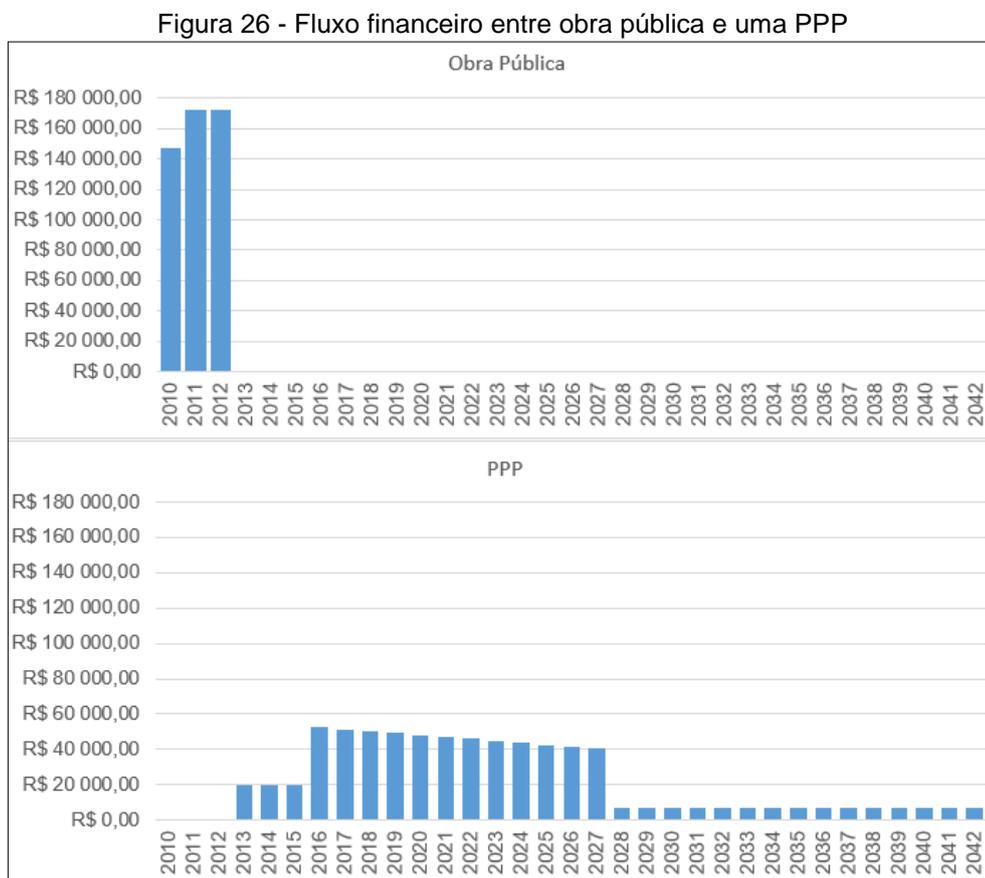
– Compesa - e a BRK Ambiental, tratada como a maior obra de saneamento do Brasil, com o objetivo de universalizar o acesso ao saneamento na Região Metropolitana do Recife, teve início em 2012, com a Odebrecht Ambiental e foi remodelada em 2016 para um novo formato, visto que o grupo canadense Brookfield comprou a Odebrecht Ambiental, passando a gerir o contrato desta PPP, com o prazo de conclusão em 24 anos.

A PPP Arena Multiuso da Copa 2014, que abrange toda a área da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, foi uma parceria entre o Estado e a Odebrecht Investimentos em Infraestrutura LTDA e Odebrecht Serviços de Engenharia e Construção S/A, chamado de consórcio Arena Pernambuco, foi projetado para 33 anos, tendo o contrato firmado em junho de 2010 com prazo de conclusão em 2043. Este projeto foi financiado pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social) e conta-garantia com depósitos em dinheiro no valor equivalente a 6 meses de contraprestação básica para a operação da Arena. No entanto, devido aos problemas financeiros para a gestão da Arena Pernambuco, conforme as receitas projetadas pela concessionária, não se concretizaram. Logo, em 2016 houve o rompimento desta PPP (FILHO *et.al*, 2015; MENDONÇA, Renata, 2017).

5.2 PREVISÃO ORÇAMENTÁRIA

Na apresentação do projeto básico do empreendimento, a Odebrecht elaborou uma arquitetura financeira dando garantias de retorno com esta PPP aprovada. Nesta análise, a Concessionária apresentou dois métodos de PPP. Na primeira opção a empresa seria responsável pela operação e manutenção da Arena, deixando a cargo público a construção, tendo esta um custo de R\$ 446 milhões de reais. E a segunda opção, dava totais condições para a empreiteira construir, operar e fazer a manutenção do empreendimento. Dentre as vantagens e desvantagens das propostas de PPP apresentadas, comprovou-se, que a segunda opção seria mais viável ao Estado, economizando aproximadamente R\$ 66 milhões de reais, com o custo total de 380 milhões. A segunda opção também traria benefícios públicos ao Estado, pois ao longo da execução do projeto, seriam gerados impostos tributários como por exemplo, ISS (Imposto Sobre Serviço), IRRF (Imposto de Renda Retido em Fonte), chegando ao fim do contrato com uma economia de 364 milhões (Portal da Transparência – Copa 2014, acesso em 08/02/2018)

A Figura 25 apresenta um comparativo entre um fluxo financeiro de uma obra pública e uma PPP, destacando claramente que a movimentação da PPP (barras verdes) é bem maior do que uma obra pública (barras azuis).



Fonte: Adaptado do Portal da Transparência da Copa de 2014 – Acesso em 08/02/2018.

Já na figura 26, são apresentados as garantias e benefícios financeiros, com impostos tributários, que uma PPP oferece ao Estado.

Figura 27 - Garantias financeiras entre uma obra pública e uma PPP

Obra Pública			PPP					
Ano	Valor da Obra	Total	Ano	Contraprestação	ISS	PIS/COFINS	IR e CS	Total
2010	143.700	143.700	2010	0	0	0	0	0
2011	167.650	167.650	2011	0	0	0	0	0
2012	167.650	167.650	2012	0	0	0	0	0
2013	0	0	2013	17.665	-1.824	-6.749	-9.832	-739
2014	0	0	2014	17.665	-1.824	-6.749	-9.858	-766
2015	0	0	2015	17.665	-1.824	-6.749	-9.851	-758
2016	0	0	2016	50.084	-1.824	-6.749	-12.330	29.182
2017	0	0	2017	48.982	-1.824	-6.749	-13.423	26.987
2018	0	0	2018	47.880	-1.824	-6.749	-13.267	26.041
2019	0	0	2019	46.778	-1.824	-6.749	-14.035	24.170
2020	0	0	2020	45.675	-1.824	-6.749	-14.029	23.074
2021	0	0	2021	44.573	-1.824	-6.749	-14.020	21.981
2022	0	0	2022	43.471	-1.824	-6.749	-12.125	22.773
2023	0	0	2023	42.369	-1.824	-6.749	-13.029	20.767
2024	0	0	2024	41.266	-1.824	-6.749	-13.034	19.660
2025	0	0	2025	40.164	-1.824	-6.749	-12.169	19.422
2026	0	0	2026	39.062	-1.824	-6.749	-12.221	18.268
2027	0	0	2027	37.960	-1.824	-6.749	-11.233	18.154
2028	0	0	2028	4.438	-1.824	-6.749	-11.106	-15.240
2029	0	0	2029	4.438	-1.824	-6.749	-12.275	-16.409
2030	0	0	2030	4.438	-1.824	-6.749	-12.192	-16.326
2031	0	0	2031	4.438	-1.824	-6.749	-12.191	-16.326
2032	0	0	2032	4.438	-1.824	-6.749	-10.296	-14.431
2033	0	0	2033	4.438	-1.824	-6.749	-12.288	-16.423
2034	0	0	2034	4.438	-1.824	-6.749	-12.164	-16.299
2035	0	0	2035	4.438	-1.824	-6.749	-12.165	-16.300
2036	0	0	2036	4.438	-1.824	-6.749	-12.157	-16.292
2037	0	0	2037	4.438	-1.824	-6.749	-10.974	-15.109
2038	0	0	2038	4.438	-1.824	-6.749	-12.445	-16.579
2039	0	0	2039	4.438	-1.824	-6.749	-13.742	-17.877
2040	0	0	2040	4.438	-1.824	-6.749	-13.648	-17.782
2041	0	0	2041	4.438	-1.824	-6.749	-13.645	-17.779
2042	0	0	2042	4.438	-1.824	-6.749	-13.635	-17.769
Total	479.000	479.000	Total	647.829	-54.719	-202.459	-369.378	21.274
VPL	445.746	445.746	VPL	380.079	26.248	97.116	175.357	81.358

Economia: R\$ 364 milhões

Fonte: Portal da Transparência da Copa de 2014 – Acesso em 08/02/2018.

Inicialmente, para a edificação da Arena Pernambuco, o orçamento era de R\$ 532 milhões de reais, sendo R\$ 280 milhões financiados pelo BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), em um contrato assinado dia 24 de Agosto de 2011 com a SPE Arena Pernambuco e 250 milhões pelo Banco do Nordeste do Brasil (BNB). Neste mesmo ano, houve mais um contrato com o BNDES para financiamento de 70 milhões. Logo, em 2012 o custo para a construção da Arena já estava em 602 milhões (COSTA, 2013)..

O quadro 9 destaca as condições do financiamento dos bancos para com a Concessionária.

Quadro 9 - Condições de financiamento para a concessionária

Agência Financiadora	Valor (em milhões)	Carência	Amortização
BNDES 1º	R\$ 280	2,5 anos	144 parcelas mensais
BNDES 2º	R\$ 70	3 anos	6 parcelas mensais
BNB	R\$ 250	2,5 anos	R\$ 66 Milhoes no final da carência + 144 parcelas mensais
Total	R\$ 600		

Fonte: Adaptado de Costa. 2013.

Contundo, levado em consideração o contrato da PPP, assinado em 2010, que é de R\$ 389 milhões, ao final de 2013, com as correções do IPCA (Índice Nacional de Preços ao Consumidor) a empreiteira estaria com a quantia de R\$ 482 milhões, que em tese seria utilizado para a quitação do financiamento. Em 2014, o governo do Estado estimou o custo da Arena em R\$ 630,5 milhões. Desde então, não foi possível saber exatamente o custo total nos dias atuais (COSTA, 2013; LIMA, 2015).

De todo a forma, além da conta do estádio que não fecha, existem outros gastos que necessitam de esclarecimento, pois conforme assinado em contrato, a empreiteira tem um ganho de R\$ 73 milhões por ano em relação a renda dos jogos, que ainda é completado pelo governo, caso a renda não seja alcançada (LIMA, 2015).

Na Figura 27, é apresentado o comparativo de 2013 a 2015 dos maiores públicos do clube Náutico Capibaribe (mais atuante na Arena), deixando bem claro a queda brusca dos espectadores, o que impacta no cálculo inicial para as garantias da PPP, fazendo com que o governo arque com a maior parte dos gastos.

Figura 28 - Maiores públicos do Náutico de 2013 a 2015

Ano	Maior público	Jogo
2013	19.601 ¹	Náutico 1 x 3 Ponte Preta
2014	16.502 ²	Náutico 1 x 0 Salgueiro
2015	5.440	Náutico 1 x 0 Luverdense

Fonte: Lima, 2015.

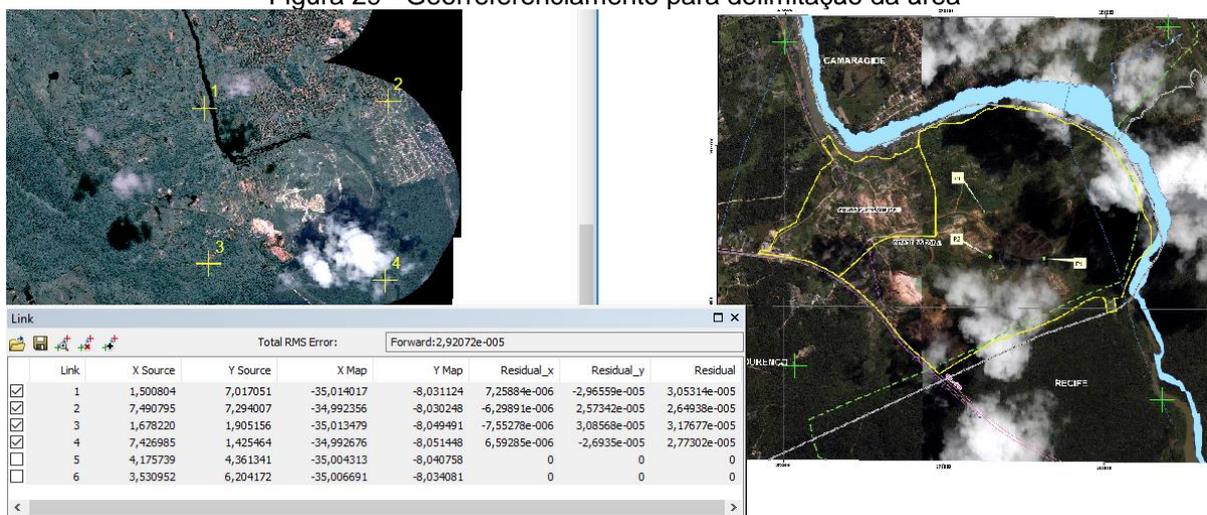
6 METODOLOGIA

A pesquisa se desenvolveu na análise da evolução do projeto da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, antes da implantação, durante a execução e até os dias atuais, baseando-se em fotografias aéreas, ortofotos, ortofotocartas, imagem de satélite e relatório.

Ao iniciar os procedimentos metodológicos, foi necessário definir a delimitação espacial da área, pois dentro do material utilizado para subsidiar a pesquisa, não foi possível obter um material consolidado referente à esta delimitação. Portanto, para tornar possível a mensuração dos resultados, utilizou-se como recurso, um documento cedido pela CPRH – Agência Estadual do Meio Ambiente – onde foi possível realizar a delimitação, utilizando como base um mapa com coordenadas conhecidas, o qual foi georreferenciado ao Sistema de Referência Geocêntrico para a Américas (SIRGAS 2000) e fazendo o uso da vetorização, obteve-se os limites da área.

A Figura 28 ilustra o procedimento para georreferenciamento do mapa, em que em (a) está a imagem que serviu para definir o sistema de coordenadas do mapa, ilustrado na imagem em (b), já com os vetores definidos em amarelo. Também é possível identificar os pontos de controle utilizados para esta operação.

Figura 29 - Georreferenciamento para delimitação da área



(a) Imagem utilizada para o Georreferenciamento

(b) Imagem georreferenciada

Fonte: O autor.

Na delimitação das áreas distritais, utilizou-se como base uma imagem contida no relatório da CPRH e uma ortofoto do CGEO. Posteriormente, fazendo o uso da vetorização em uma plataforma SIG, foi realizado a delimitação destas áreas. A Figura 29 apresenta o método empregado, tendo em (a), o registro contido no relatório da CPRH e em (b) a área distrital vetorizada em amarelo sobre a ortofoto.

Figura 30 - Definição das áreas distritais do *Master Plan*



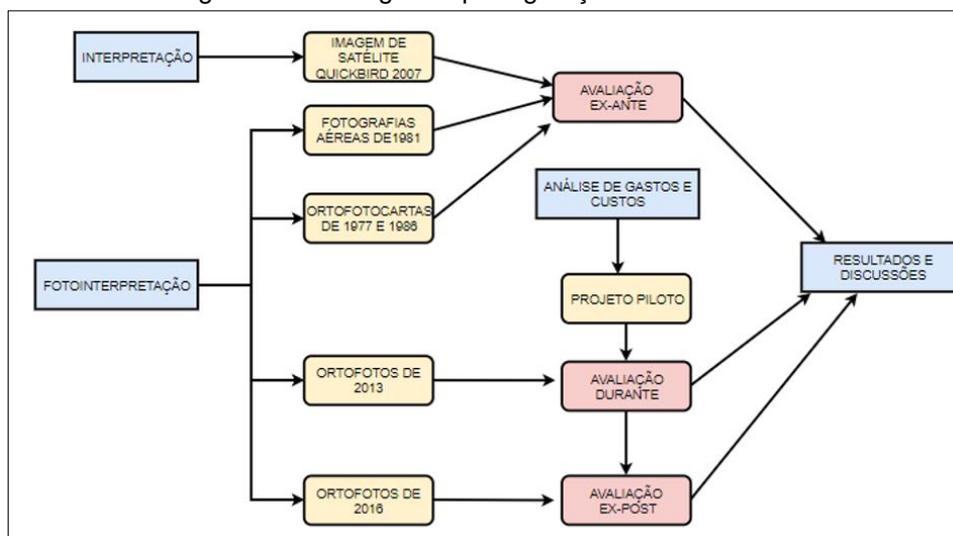
(a) Área distritais do relatório da CPRH

(b) Área distrital vetorizada

Fonte: O autor.

Na Figura 30, é descrito os procedimentos utilizados para obtenção dos resultados, partindo da fotointerpretação nas fotografias aéreas, ortofotos e ortofotocartas e interpretação das imagens de satélites, obtendo as análises Ex-ante, durante e Ex-post.

Figura 31 - Fluxograma para geração dos resultados

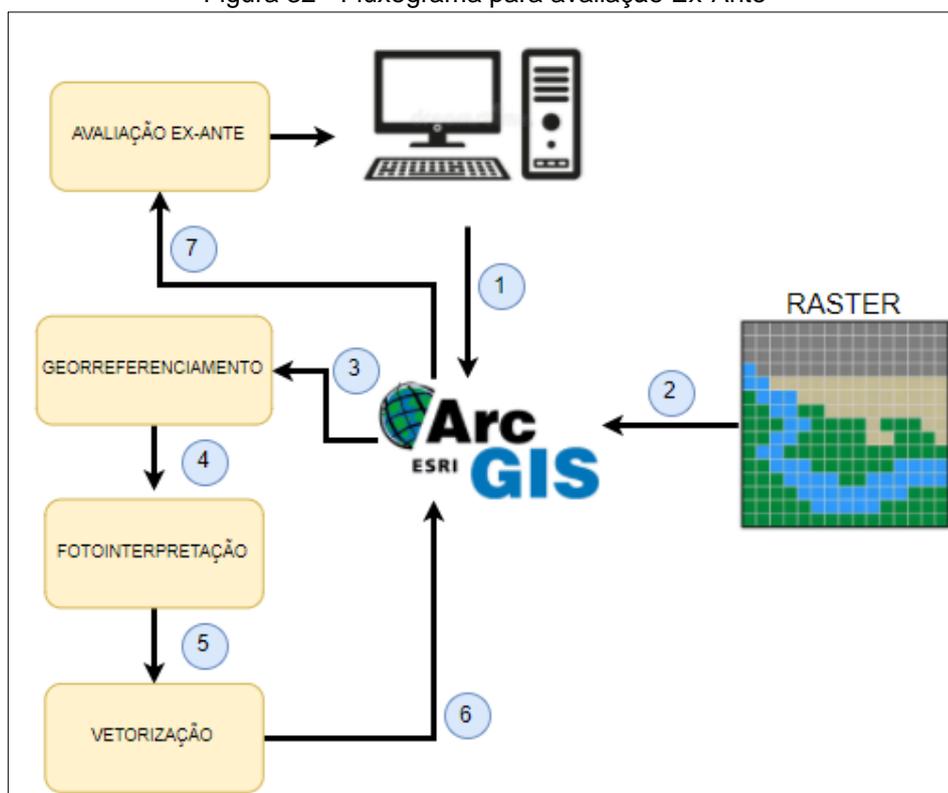


Fonte: O autor.

6.1 AVALIAÇÃO EX-ANTE

A metodologia usada para gerar os resultados desta etapa foi desenvolvida para analisar a evolução ex-ante, com o intuito de avaliar a área da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata no ano de 1981. A Figura 31 representa os passos para obtenção do resultado, que vão de 1 ao 7, desde a utilização do computador até a avaliação Ex-Ante.

Figura 32 - Fluxograma para avaliação Ex-Ante



Fonte: O autor.

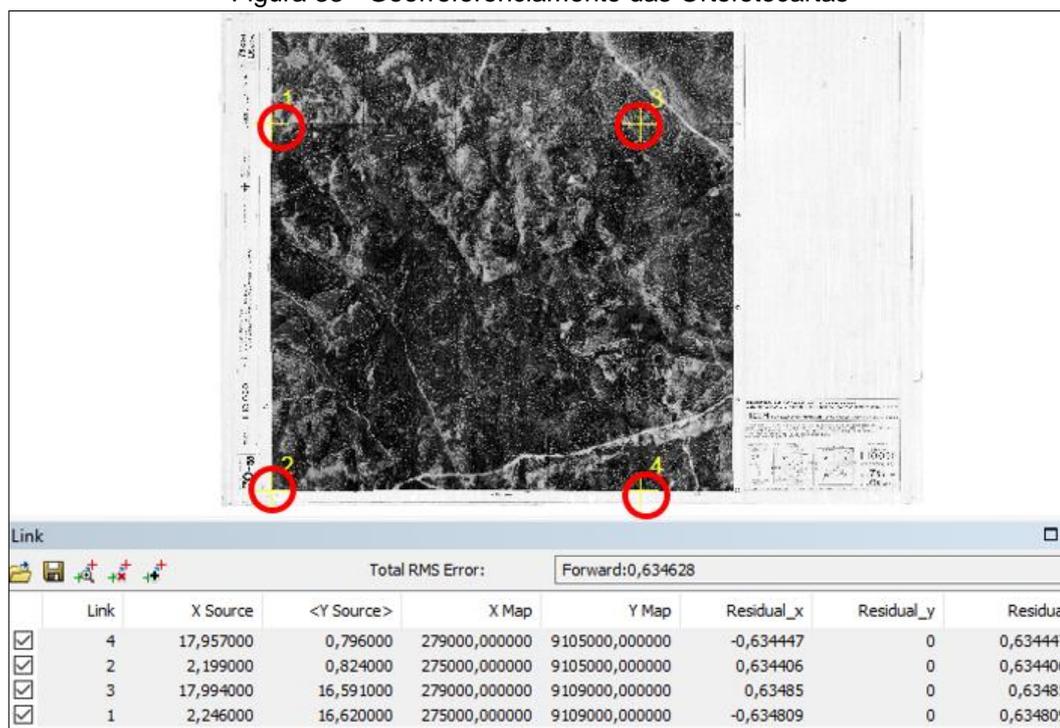
Logo, com a disponibilidade dos dados e seguindo o processo da figura 31, iniciou-se a produção da análise. Já no ambiente do software de geoprocessamento, o Arcgis 10.5, passo 2, foram inseridos os arquivos digitais concedidos pela Agencia Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco – CONDEPE/FIDEM e o 3º Centro de Geoinformação do Exército Brasileiro (CGEO),.

Antes de iniciar a fotointerpretação, foi realizado o georreferenciamento, passo 3, das 4 ortofotocartas e posteriormente o mosaico desses arquivos. No total, foram

utilizados quatro pontos de controle para cada arquivo e foi determinado um sistema de referência para iniciar o processamento.

Na figura 32 é apresentado o desvio padrão e a distribuição dos pontos de controle, destacados em um círculo vermelho, em uma das ortofotocartas. Este procedimento foi repetido para os outros arquivos.

Figura 33 - Georreferenciamento das Ortofotocartas



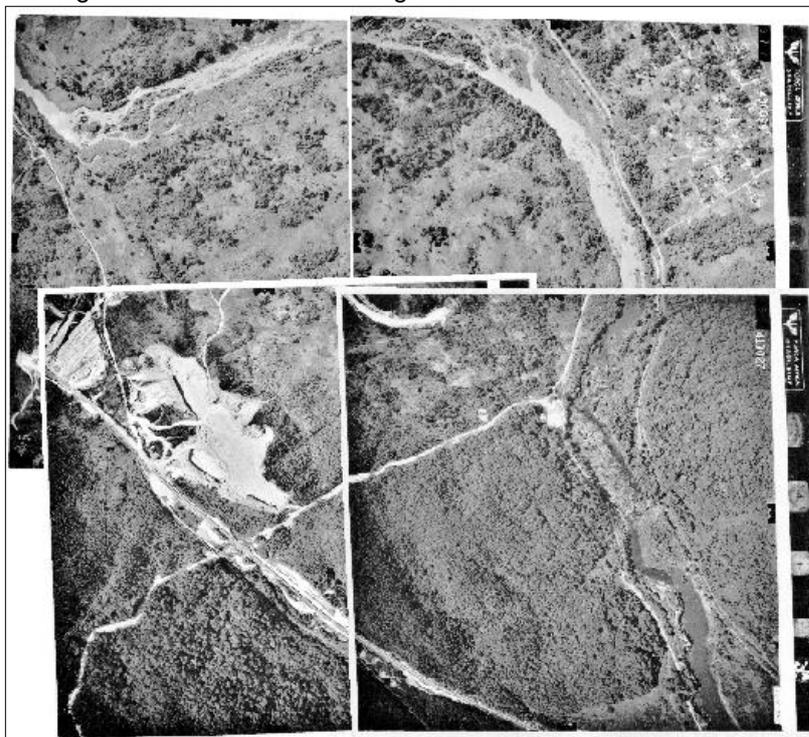
Fonte: O autor.

Devido à baixa resolução espacial das ortofotocartas, estas serviram de base para georreferenciar e mosaicar as fotografias aéreas, pois estas apresentavam uma melhor qualidade para a fotointerpretação e também não possuíam pontos de controle ou sistema de referência determinado, sendo utilizado as ortofotocartas como referência. Contudo, como os dados do CGEO já estavam georreferenciados, este procedimento foi aplicado. Todos os arquivos foram georreferenciados conforme o SBG (Sistema Geodésico Brasileiro).

No passo 4, foi realizado fotointerpretação, no mosaico gerado pelas fotografias aéreas verticais, datadas de 1981, na escala de 1/6000 e na imagem de satélite QuickBird de 2007, conseqüentemente foi realizado a vetorização das feições identificadas

Nas Figuras 33 e 34 são apresentados os originais cartográficos utilizados para fotointerpretação. Destacando-se na Figura 33 o mosaico das fotografias aéreas e na Figura 34, o recorte do mosaico da imagem de satélite Quickbird, de 2007.

Figura 34 - Mosaico das fotografias aéreas da década de 80



Fonte: O autor.

Figura 35 - Recorte do Mosaico das imagens de satélite Quickbird de 2007



Fonte: O autor.

6.2 AVALIAÇÃO DURANTE E EX-POST

O procedimento para estas duas análises seguiu o mesmo método da Avaliação Ex-Ante, porém sem a necessidade de georreferenciar os dados raster, pois utilizou-se ortofotos com um sistema de coordenadas definido.

Para a Avaliação Durante, foram utilizados ortofotos de 2013, cedidas pela Companhia Pernambucana de Saneamento. Estes originais cartográficos são produtos de um levantamento aerofotogramétrico realizado para a prefeitura da cidade do Recife. Segundo o relatório técnico de voo, os rasters foram produzidos com GSD (*Ground Sample Distance*), que representa o tamanho do pixel no terreno, médio de 8 cm e uma altura média de voo de 962m.

A Figura 35 apresenta o mosaico das ortofotos de 2013 da área da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, que foi utilizado para realizar a fotorinterpretação e geração dos resultados da avaliação durante o projeto.

Figura 36 - Mosaico das ortofotos de 2013



Fonte: O autor.

Para a avaliação Ex-Post, utilizou-se os originais cartográficos do projeto Pernambuco Tridimensional (PE3D), disponibilizados pela CONDEPE/FIDEM.

O projeto PE3D teve início no mês de março de 2014 com conclusão prevista para junho de 2015, tendo como foco a obtenção de ortofotos de alta resolução e nuvem de pontos pela técnica LiDAR (*Light Detection and Ranging*) de toda superfície do Estado de Pernambuco. De modo geral, os produtos fornecidos por esses projetos são ortofotos com GSD de 50 cm e 12 cm, em escalas de 1:5000 e 1:1000 respectivamente. Além das ortofotos, são fornecidos também MDT (Modelos Digitais de Terreno) com erros altimétrico de 25 cm e 10 cm para as escalas de 1:5000 e 1:1000, também houve a implantação de 40 marcos geodésicos (CIRILO *et.al*, 2014).

Os originais cartográficos do PE3D estão disponíveis no site <http://www.pe3d.pe.gov.br/>. Antes é necessário realizar um cadastro para ter acesso ao material. Entretanto, devido a gama de informações coletadas, é provável que muitos dados ainda não estejam disponíveis no site, mas o objetivo do projeto é disponibilizar todo o material via internet.

Na Figura 36 é apresentando o mosaico das ortofotos do PE3D utilizado para realização da fotointerpretação e a obtenção dos resultados da avaliação Ex-Post.

Figura 37 - Mosaico das ortofotos do PE3D de 2016



Fonte: O autor.

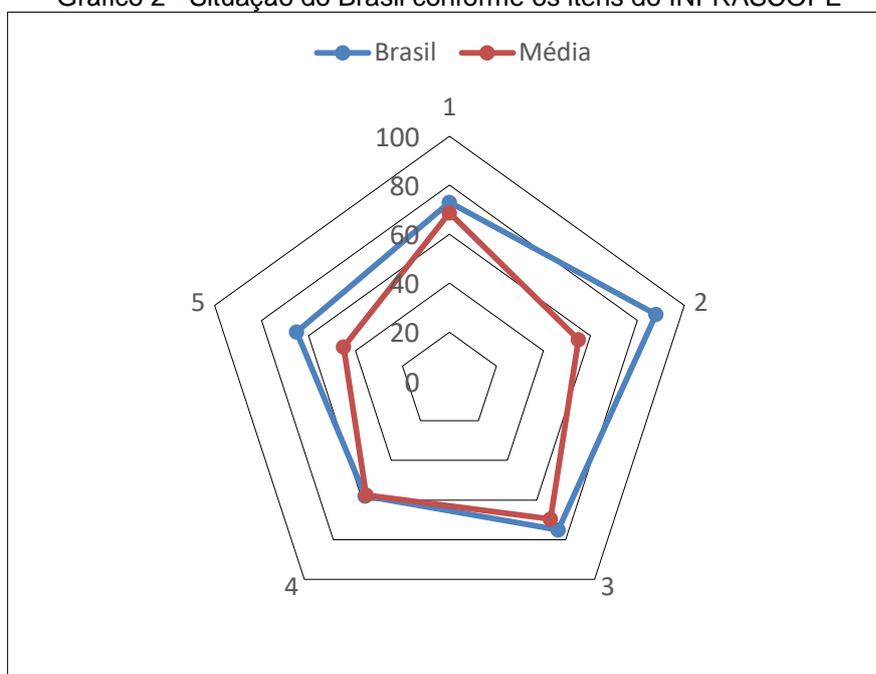
7 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após toda a metodologia adotada na pesquisa, os resultados referentes aos gastos para a construção da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, estão baseados na análise do custo inicial até o último balanço financeiro divulgado pelo governo do Estado.

Apesar do momento difícil em que o país atravessa, devido as corrupções, como por exemplo, operações Lava-Jato e *Fair Play*, esta última investiga o superfaturamento das infraestruturas instaladas para a Copa do Mundo, sendo uma delas a Arena Pernambuco (informações do jornal Estadão em 2016), o Brasil se mantém em uma colocação estável para investimentos em Parcerias Público-Privado, segundo a pesquisa do INFRASCOPE, em 2017.

O Gráfico 02 mostra que, de acordo com os 5 itens analisado (1-Regulamentação, 2-Instituição, 3-Maturidade, 4-Clima de Investimentos e Negócios e 4-Finanças) representados pelos vértices do pentágono, o país se manteve acima da média da pontuação dos 19 países da pesquisa. Porém, devido aos escândalos políticos, o clima para investimento, quase configurou abaixo da média.

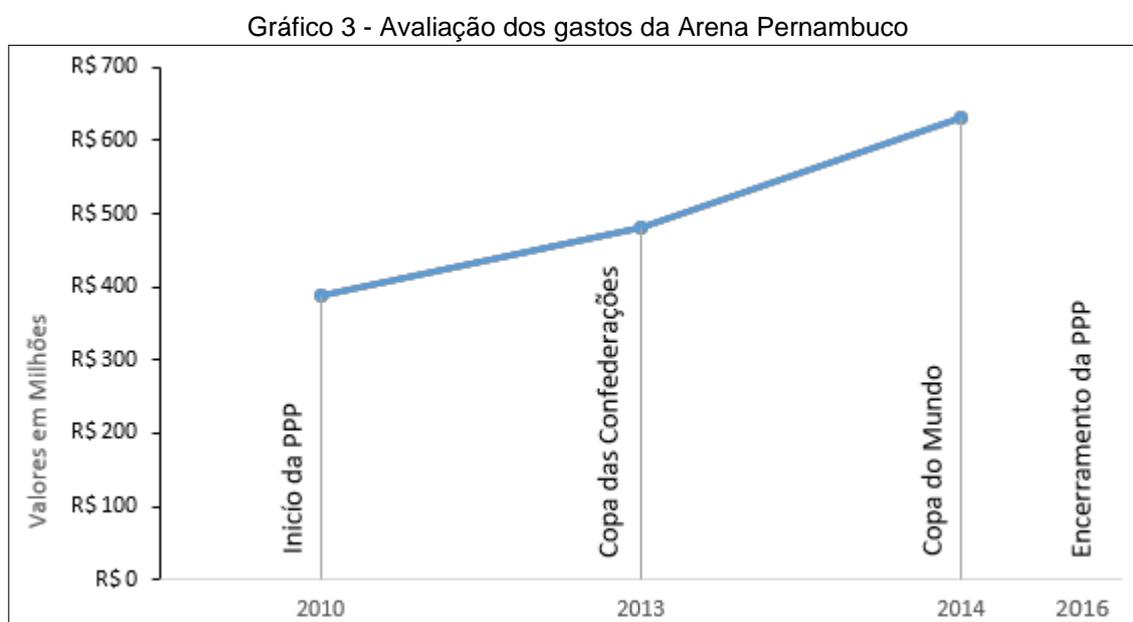
Gráfico 2 - Situação do Brasil conforme os itens do INFRASCOPE



Fonte: O autor.

O valor da PPP, firmando entre o Governo do Estado e Odebrecht, até o fim da parceria em 2016, tem um aumento de 40,5% em seis anos de contrato. Um dos fatores acordados, em aditivos (disponíveis no portal da transparência da Copa de 2014), foram os prazos fixados na entrega da Arena Pernambuco para realizar os eventos da Copa das Confederações e a Copa do Mundo, pois houve uma maior aceleração da mão-de-obra para o cumprimento dos prazos estipulados pela Federação Internacional de Futebol (FIFA).

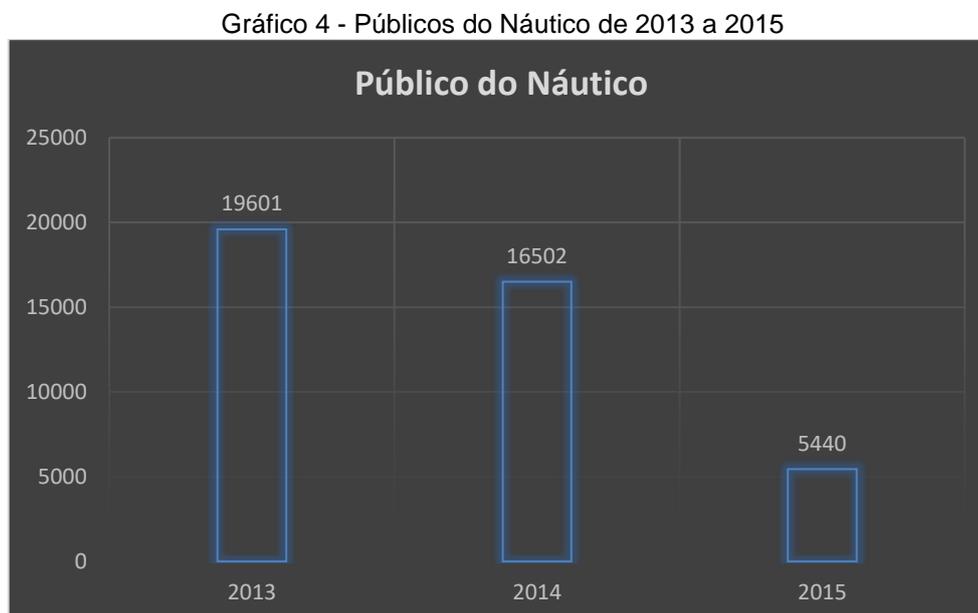
No Gráfico 3, é possível verificar, na linha azul, a relação de valores anuais da construção da Arena Pernambuco durante os eventos da FIFA.



Fonte: O autor.

Ao final do contrato, o Governo alegou que o principal motivo para o rompimento da PPP, foram as faltas de garantias estipuladas no projeto básico. Contudo, esperava-se que a Arena obtivesse como principal renda o faturamento dos jogos de futebol. Porém, o acordo firmado inicialmente pelos grandes clubes de futebol de Pernambuco, Santa Cruz, Sport e Náutico, de levarem os principais jogos para o novo estádio, não foi cumprido. No entanto, o Náutico Capibaribe manteve e mantém todos os jogos na Arena, mas os resultados esperados pelo faturamento com bilheteria, foi totalmente o oposto, pois ao contrário dos valores da Arena, os espectadores foram tendo uma decrescente, chegando uma redução de aproximadamente 90%, em análise aos melhores públicos dos jogos do Náutico.

No Gráfico 4, tem-se os melhores públicos do clube Náutico, representando em barras azuis, desde de 2013 até 2015.

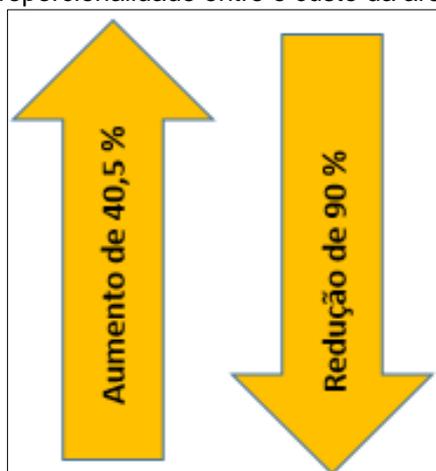


Fonte: O autor.

Nos resultados apresentados, analisando os valores da arena com o faturamento esperado por bilheteria, percebe-se que eles são indiretamente proporcionais, um dos fatores que ocasionou o cancelamento do contrato.

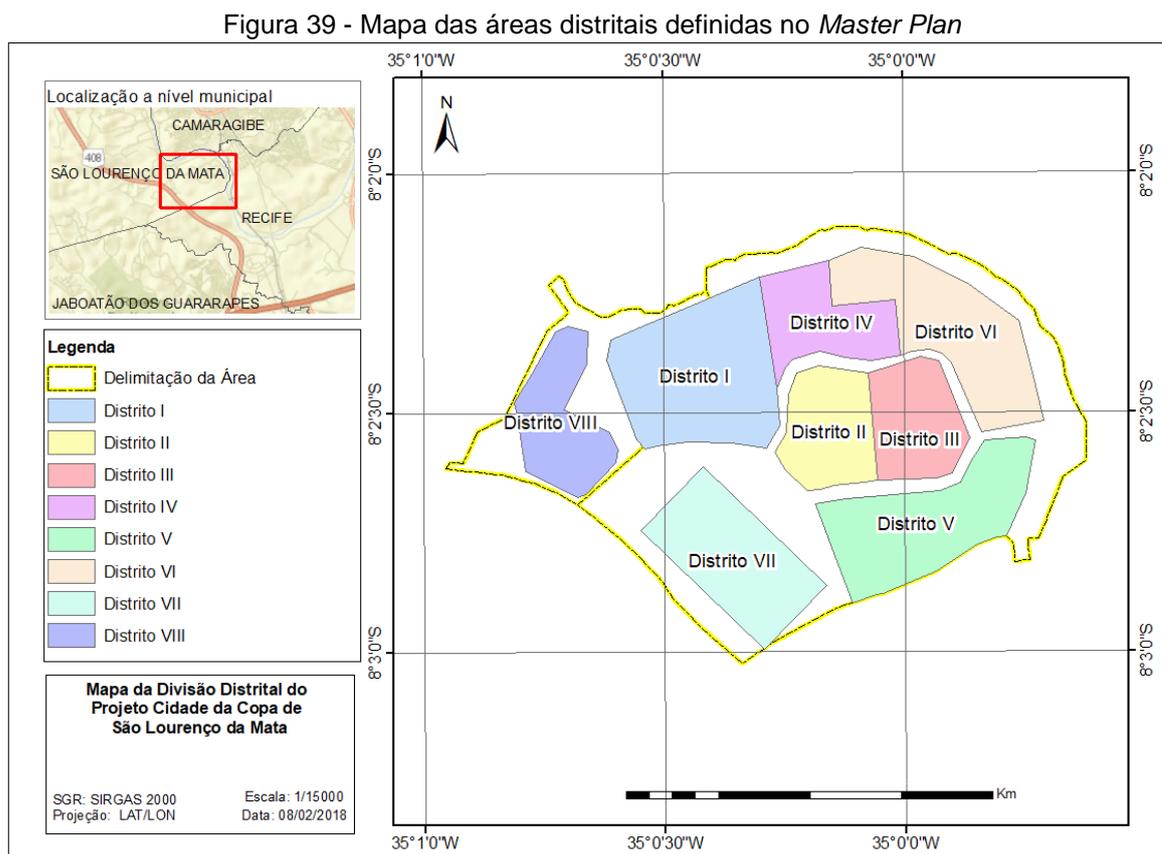
A Figura 37 destaca essa comparação de proporcionalidade indireta, em que nos 6 primeiros anos, desde a construção da Arena, houve aproximadamente 40% de aumento e a bilheteria foi reduzida a 90%.

Figura 38 - Proporcionalidade entre o custo da arena e bilheteria



Fonte: O autor.

Para a obtenção dos resultados das avaliações Ex-Ante, Durante e Ex-post, com os dados cartográficos (ortofotos, ortofotocartas, fotografias aéreas e Imagens de satélite), utilizou-se como base, os distritos e delimitação da área já espacializados, conforme ilustrado na Figura 38, que representa um mapa temático com a distribuição dos 8 distritos, seguindo os limites do *Master Plan*.



Fonte: O autor.

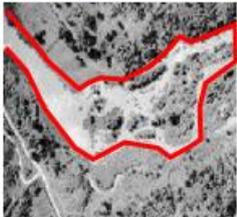
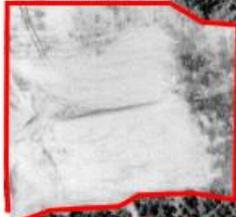
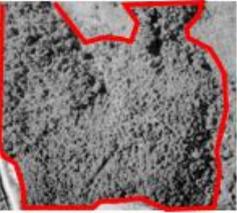
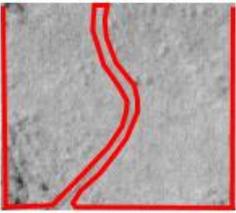
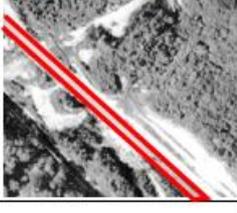
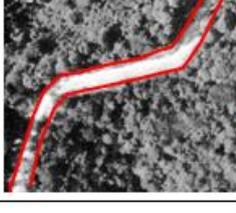
Os resultados descritos no item 7.1, apresentam as análises baseadas na fotointerpretação dos originais cartográficos utilizados, verificando se as instalações, e construções foram cumpridas até a data do cancelamento da PPP. Em teoria, conforme os prazos estabelecidos, a etapa 1 já deveria estar completamente finalizada e uma boa parte da etapa 2.

7.1 AVALIAÇÃO EX-ANTE, DURANTE E EX-POST.

Nas análises da fotointerpretação das imagens de 1980 e de 2007, denominada a avaliação Ex-Ante, foi possível identificar 8 tipos de classes: Aquicultura, Cursos d'Água, Edificações, Nuvem, Solo Exposto, Vegetação 1, Vegetação 2, Via Asfaltada e Vias sem asfalto. Estas classes seguiram os princípios da identificação dos objetos, descrito no tópico 4.2.1.

No Quadro 10 são apresentadas as classes temáticas destinadas a cada imagem para a Avaliação Ex-ante, durante a fotointerpretação. Os objetos identificados estão destacados por linhas e polígonos vermelhos.

Quadro 10 - Objetos identificados na fotointerpretação da avaliação Ex-Ante

Classes	Imagem de 1980	Imagem de 2007	Classes	Imagem de 1980	Imagem de 2007
Cursos D'Água			Solo Exposto		
Vegetação 1			Vegetação 2		
Vias Asfaltada			Vias sem Afasto		
Aquicultura	Não encontrado		Edificações	Não encontrado	

Fonte: O autor.

Para as avaliações Durante e Ex-Post, foi possível identificar objetos pertencentes as mesmas classes temáticas da primeira análise, porém já com algumas infraestruturas finalizadas ou em construção.

O Quadro 11 destaca, em vermelho, os objetos identificados nas imagens de 2013 e 2016, formando 14 classes.

Quadro 11 - Objetos identificados na fotointerpretação da avaliação Durante e Ex-Post

Classes	Imagem de 2013	Imagem de 2016	Classes	Imagem de 2013	Imagem de 2016
Cursos D'Água			Solo Exposto		
Vegetação 1			Vegetação 2		
Vias Asfaltadas			Vias sem Afasto		
Canteiro de Obras		Não encontrado	Estacionamento		
Ponte			Campo de Energia Solar		
ETA			Estádio de Futebol		

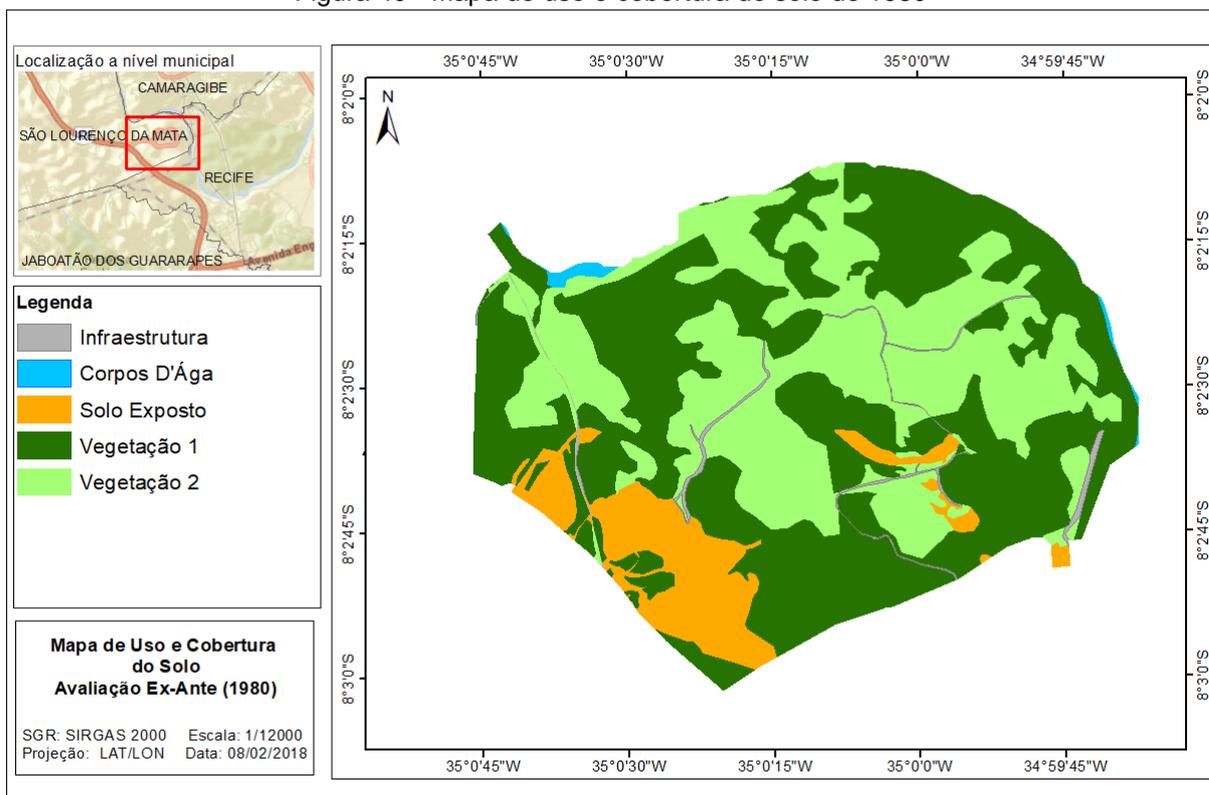
Fonte: O autor.

Após o procedimento de fotointerpretação, foi possível obter mapas de uso e cobertura do solo de diferentes datas. Nesta análise, para melhor compreensão, as classes/objetos identificados na fotointerpretação (ponte, campo de energia solar, estádio de futebol, ETA (Estação de Tratamento de Água), estacionamento, vias (asfaltadas e sem asfalto), edificações e canteiros de obras, foram classificadas como

infraestruturas. E as demais classes, como corpos d'água, solo exposto e vegetação 1 e 2, permanecem.

A Figura 39 apresenta o resultado obtido no uso e cobertura do solo das fotografias aéreas de 1980.

Figura 40 - Mapa de uso e cobertura do solo de 1980

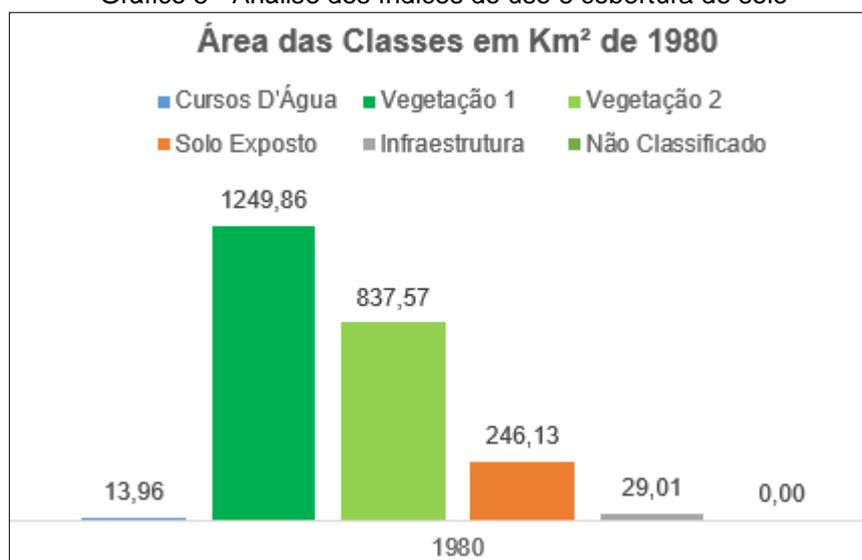


Fonte: O autor.

Na figura 39, é perceptível que em 1980, a área predominante é a vegetação, destacada nas cores verde claro e escuro. Isto ocorre, porque nesta época a EMTU/Recife, empresa pública responsável por gerir o transporte da Região Metropolitana do Recife, ainda estava na fase de Planejamento da Gestão Metropolitana e Implantação de corredores exclusivos (Governo do Estado de Pernambuco, 2018). De modo geral, a Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, representava, em 1980, uma área de vegetação de 2087,43 Km².

No Gráfico 5 é apresentado o quantitativo da Cidade da Copa em 1980.

Gráfico 5 - Análise dos índices do uso e cobertura do solo

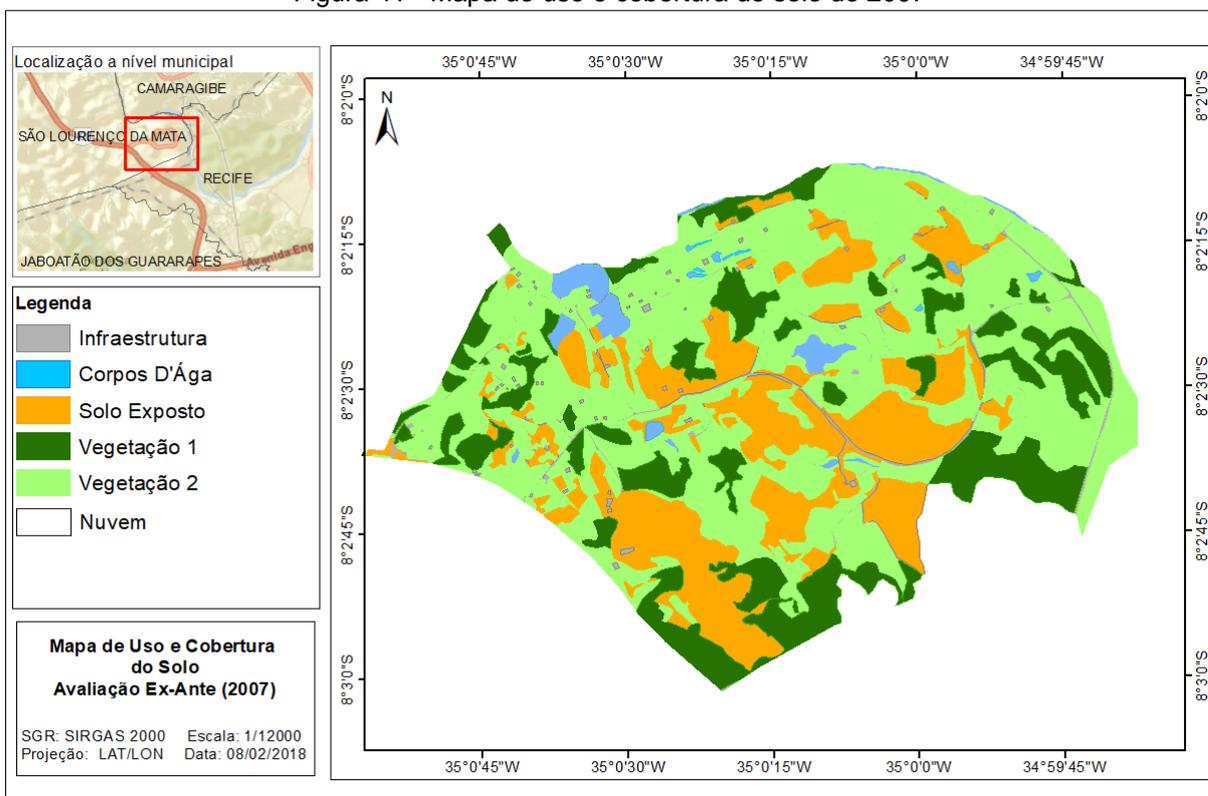


Fonte: O autor.

Na avaliação do uso e cobertura do solo de 2007, conforme o relatório do EMTU/Recife, o processo de Planejamento de Gestão Metropolitana já havia sido implantado, o que fez melhorar a utilização do transporte público do Estado, garantido uma melhor integração da população pertencente as cidades da RMR (Governo do Estado de Pernambuco, 2018). Isto fez com que a área destinada a Cidade da Copa, passasse a ser mais frequentada pela população, aumentando os índices de solo exposto e a diminuição das áreas de vegetação.

Na Figura 40, é ilustrado os resultados da análise do uso e cobertura do solo, utilizando as imagens do satélite Quickbird, de 2007.

Figura 41 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2007

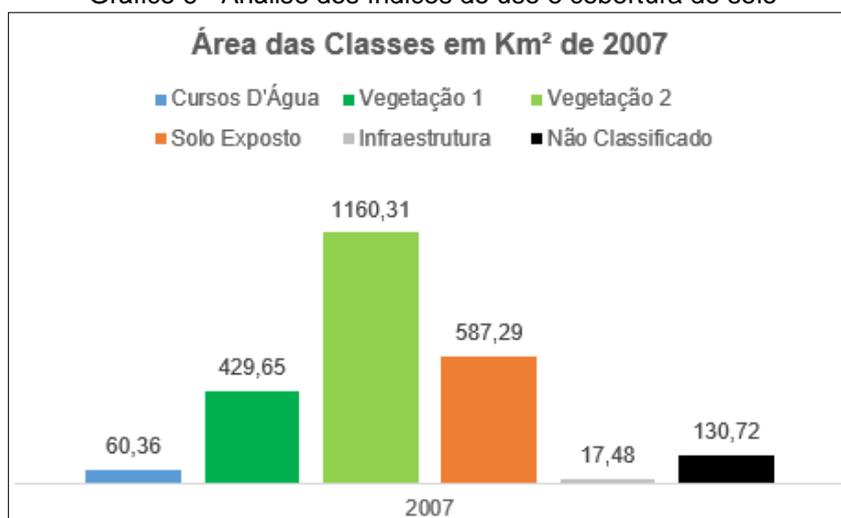


Fonte: O autor.

Analisando a Figura 40, percebe-se que a vegetação ainda desponta em grande quantidade. Todavia, é bastante perceptível, quando comparamos com a Figura 39, o aumento do solo exposto na região. Contudo, devido a concentrações de nuvens no Sudeste da região, uma parte não pode ser classificada, ou seja, esta área de nuvens representou 130,72 Km² não contabilizado para as principais classes temáticas classificadas.

Os resultados quantitativos do mapa de uso e cobertura do solo da Figura 40, é apresentado no Gráfico 6. Destacando a vegetação do tipo 2 com a maior concentração classificada com 1160,31 Km², seguido do segundo maior índice, que é o solo exposto com 587,29 m².

Gráfico 6 - Análise dos índices do uso e cobertura do solo

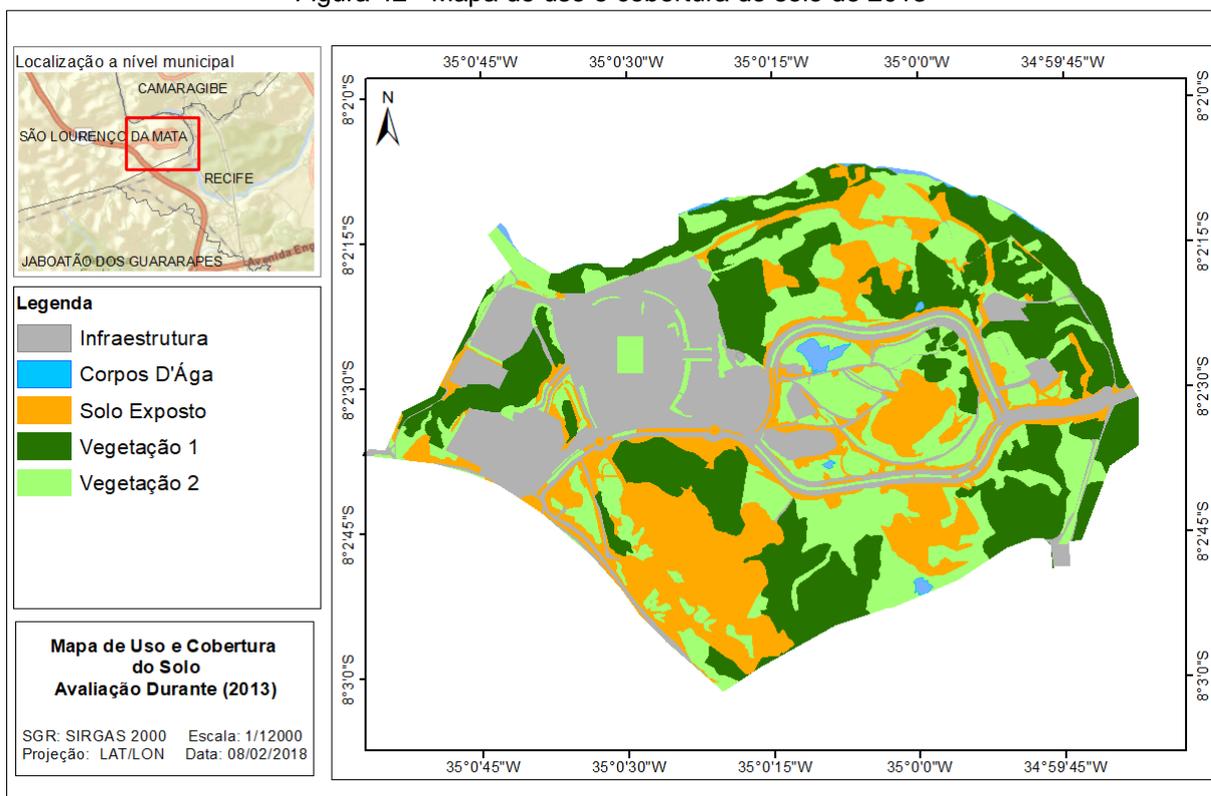


Fonte: O autor.

Com o início das obras para os eventos futebolísticos (Copa das Confederações e Copa do Mundo), o movimento de terra e instalação de infraestruturas, na região da Cidade da Copa, cresceram bastante. Em 2013, ano da Copa das Confederações, as infraestruturas se concentraram, em boa parte, nos arredores do estádio de Futebol, localizado na parte Sudoeste da Cidade da Copa, devido à proximidade e prazo para conclusão do estádio, para assim, poder receber os jogos do mundial.

Na figura 41, é apresentado o mapa de uso e cobertura do solo, baseado nas ortofotos de 2013, cedidas pela Companhia Pernambucana de Saneamento - Compesa. Neste mapa, é possível identificar um grande aumento de infraestrutura e também aumento da vegetação tipo 1 (mata ciliar), quando comparado as análises da Figura 40, pois, segundo o projeto de implantação, aproximadamente 900 Km² está destinado a APP (Área de Preservação Permanente)

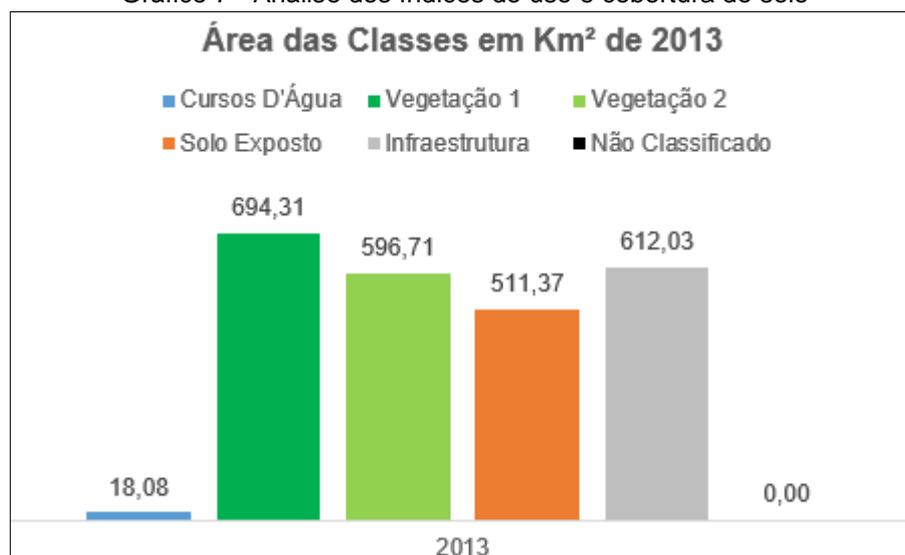
Figura 42 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2013



Fonte: O autor.

No Gráfico 7, percebe-se que os maiores índices estão concentrados em Vegetação tipo 1 e infraestruturas.

Gráfico 7 - Análise dos índices do uso e cobertura do solo

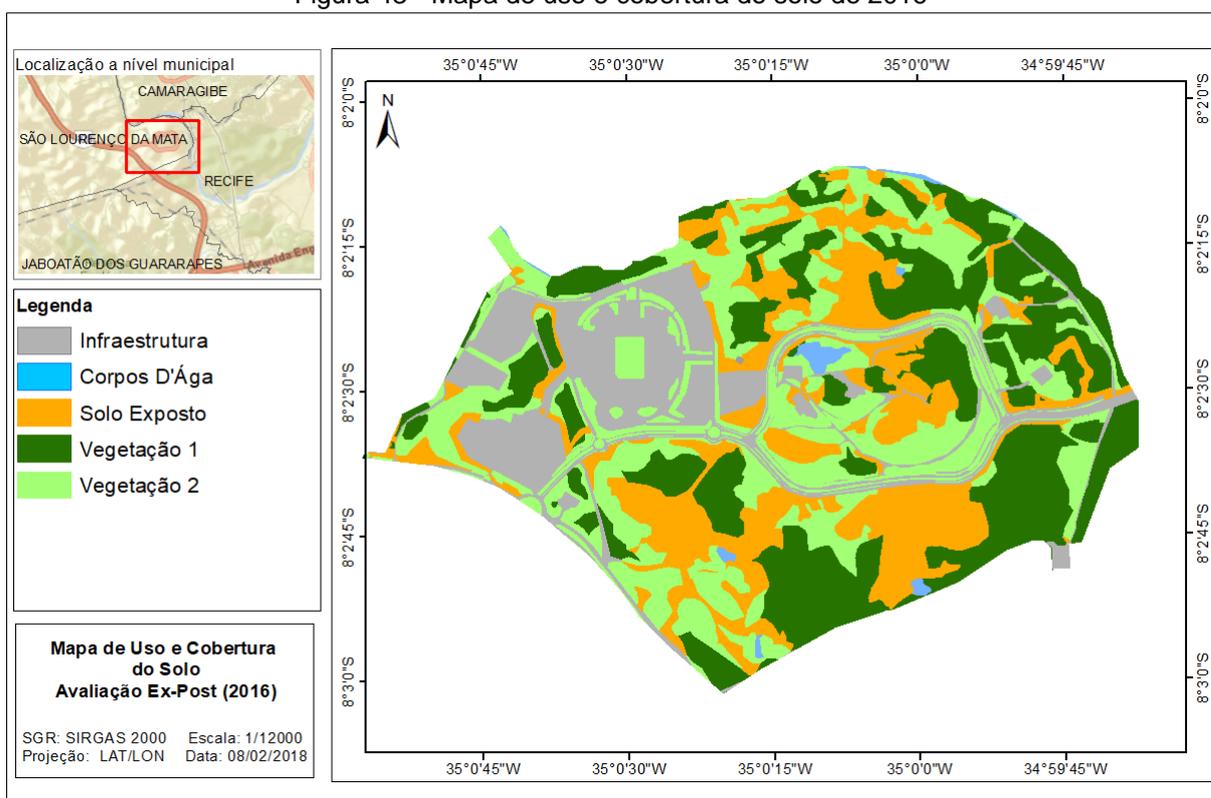


Fonte: O autor.

Após os jogos da Copa do Mundo, analisando as ortofotos de 2016, os índices de infraestrutura deveriam ter aumentado, visto que além da construção do estádio, outras instalações estavam previstas. Porém, isso não aconteceu.

Na Figura 42, é ilustrado o mapa de uso e cobertura do solo, utilizando os originais cartográficos de 2016. Neste mapa, é possível identificar que não houve uma variação considerável, quando comparamos com a Figura 41.

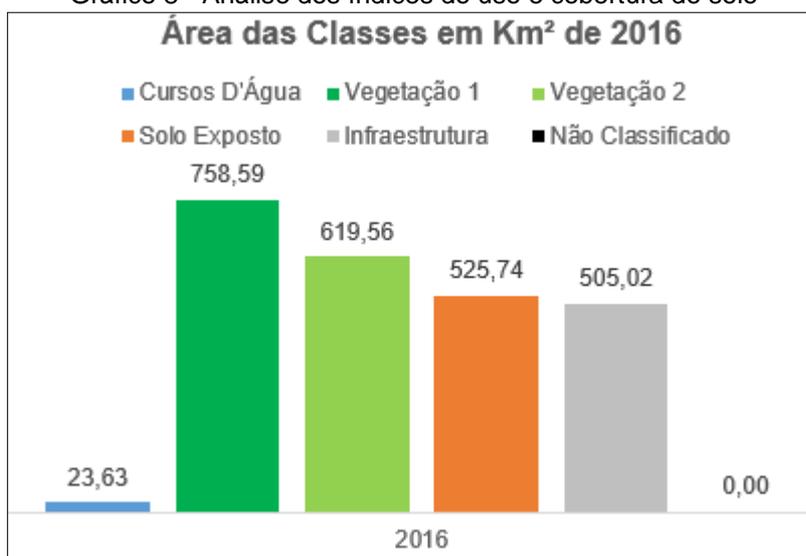
Figura 43 - Mapa de uso e cobertura do solo de 2016



Fonte: O autor.

No Gráfico 8, com os dados de 2016, os maiores índices são de vegetação e solo exposto.

Gráfico 8 - Análise dos índices do uso e cobertura do solo

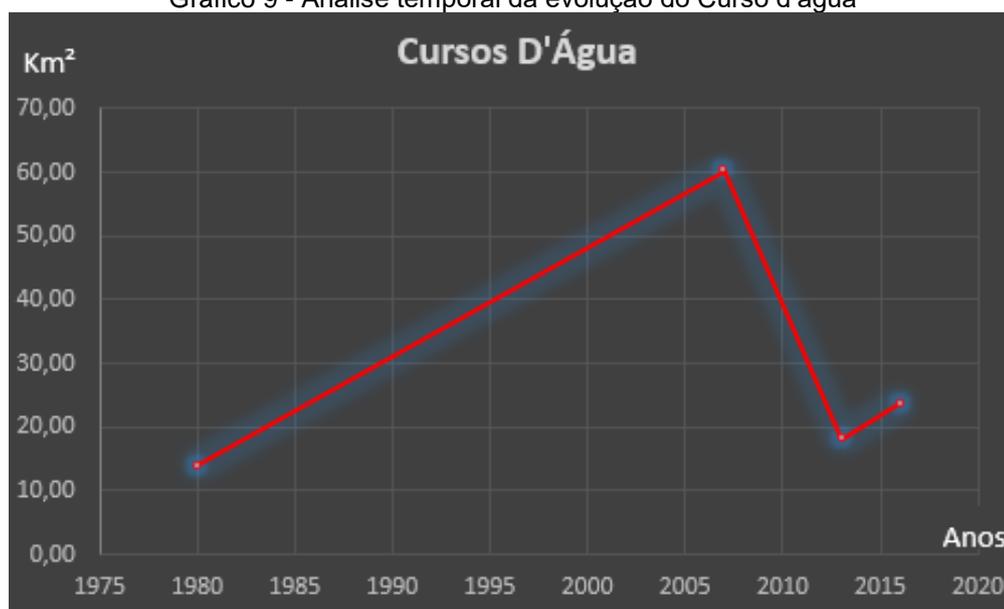


Fonte: O autor.

Na análise do uso e cobertura do solo, destaca-se claramente que houve uma evolução da área destinada a Cidade da Copa, devido ao empreendimento proposto. Pois, no período de 1980 até 2007 não houve investimentos consideráveis em infraestrutura, sendo estas iniciadas a partir de 2010, com o contrato da PPP, ilustrados nos mapas de 2013 e 2016. É possível também verificar a redução da vegetação e o aumento do solo exposto.

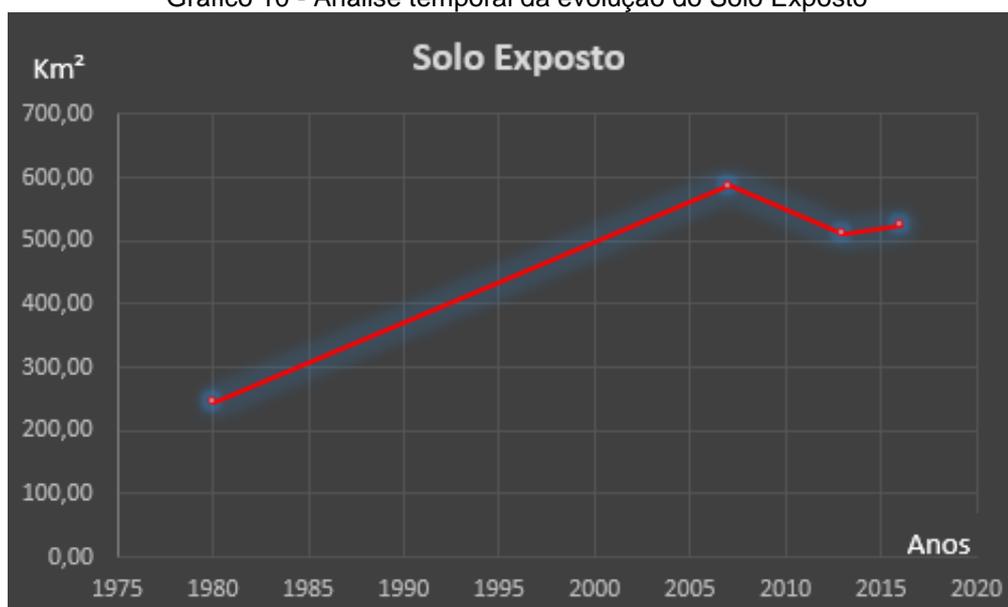
Os Gráficos 9, 10, 11, 12 e 13 apresentam a análise temporal e a variação das temáticas utilizadas para o uso e cobertura do solo, respectivamente representado pelos índices de Corpos d'água, Solo Exposto, Vegetação (tipo 1 e tipo 2) e infraestrutura.

Gráfico 9 - Análise temporal da evolução do Curso d'água



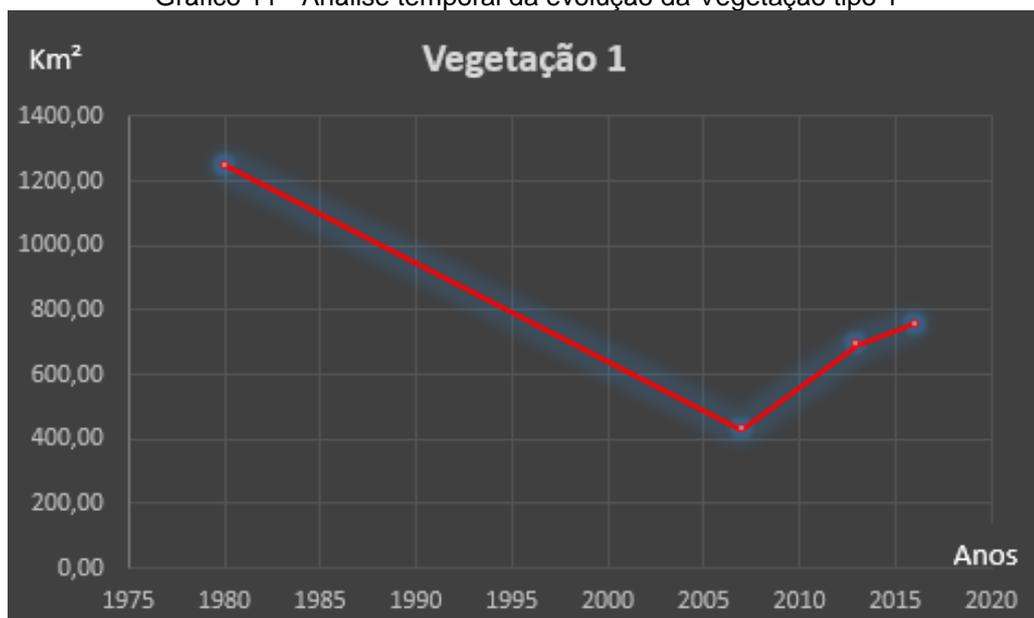
Fonte: O autor.

Gráfico 10 - Análise temporal da evolução do Solo Exposto



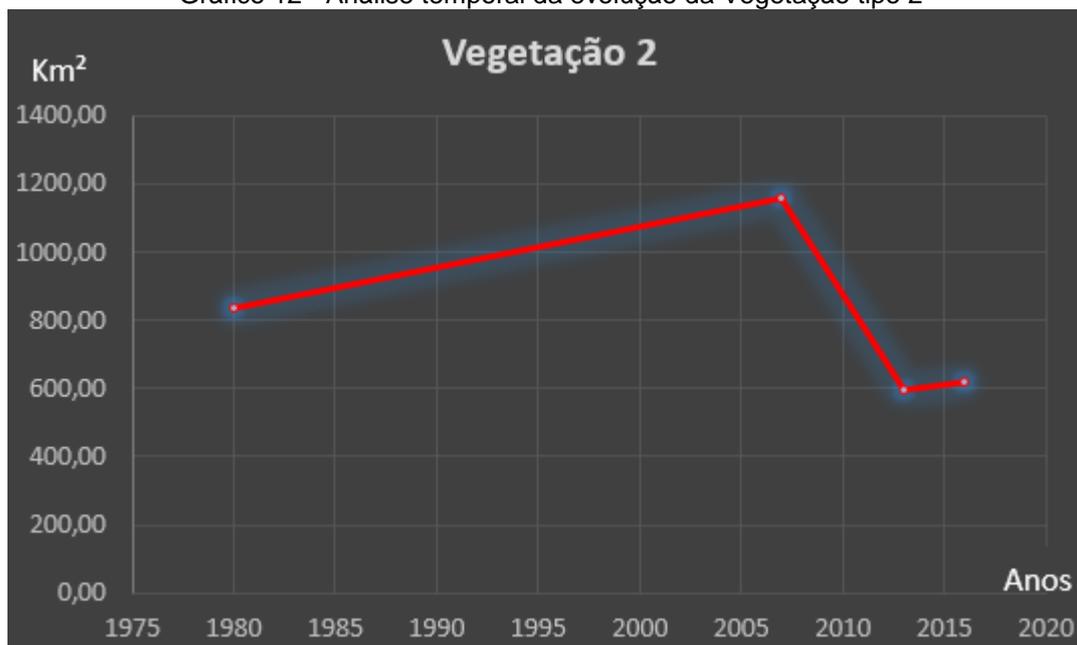
Fonte: O autor.

Gráfico 11 - Análise temporal da evolução da Vegetação tipo 1



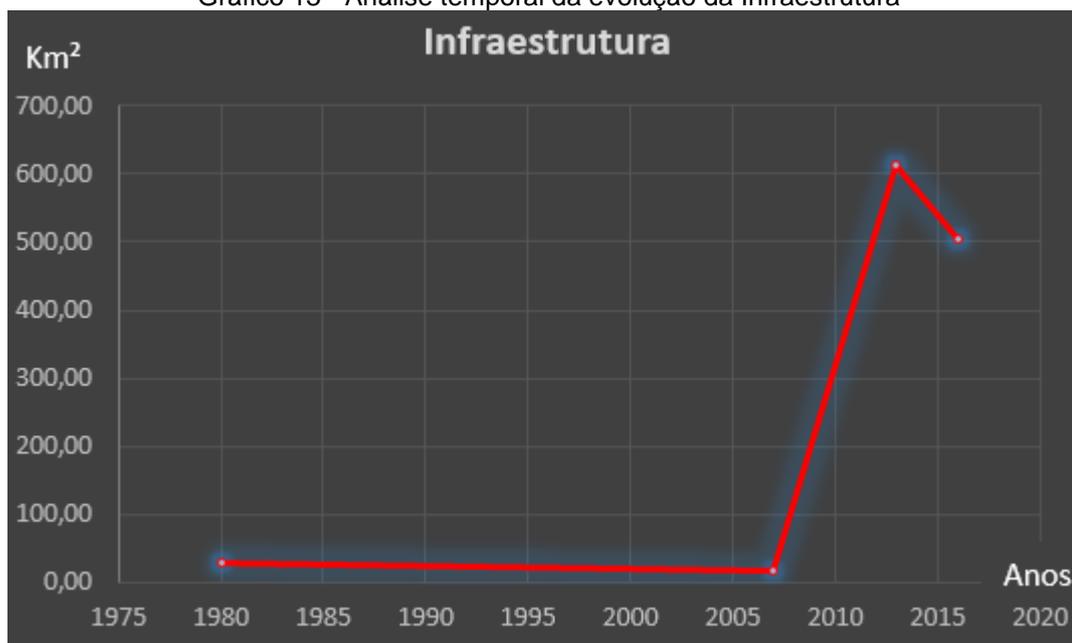
Fonte: O autor.

Gráfico 12 - Análise temporal da evolução da Vegetação tipo 2



Fonte: O autor.

Gráfico 13 - Análise temporal da evolução da Infraestrutura



Fonte: O autor.

Analisando os Gráficos das camadas temáticas, o índice que representa os corpos d'água, presente no Gráfico 09, apresentou um grande crescimento entre 1980 a 2007. Isto ocorreu devido a atividade de pecuária e aquicultura presente na região, visto que a área ainda em evolução urbana. Já no gráfico 10, que representa o solo exposto, o índice teve um crescente, ocasionado tanto pela evolução da RMR, quanto pelos eventos futebolísticos ocorridos na região.

Os índices de vegetação, destacados nos Gráficos 11 e 12, como esperado, estão na análise Ex-Ante (dados de 1980 e 2007). Sendo que, devido ao processo evolutivo da RMR e as atividades agropecuárias na cidade da Copa de São Lourenço da Mata, em 2007, o índice de vegetação nativa (vegetação tipo 1), apresentou um decréscimo, pois muitas destas áreas estavam em recuperação, que posteriormente foram classificadas como vegetação tipo 2. Porém, com o planejamento do novo empreendimento, as áreas de vegetação nativas foram recuperadas, pois o projeto previa uma APP de aproximadamente 90 hectares (900 Km²).

No Gráfico 13, já com o início das obras, na avaliação Durante (dados de 2013) do empreendimento, é possível identificar uma grande concentração de infraestrutura, devido ao grande movimento de terra e os canteiros de obras que foram instalados na área destinada a Cidade da Copa de São Lourenço da Mata. Contudo, na avaliação Ex-Post (dados de 2016), o índices de infraestrutura teve uma pequena queda,

quando comparado com o ano de 2013. Isto ocorreu devido a remoção dos canteiros de obras, que consequentemente tornaram-se solo exposto ou vegetação.

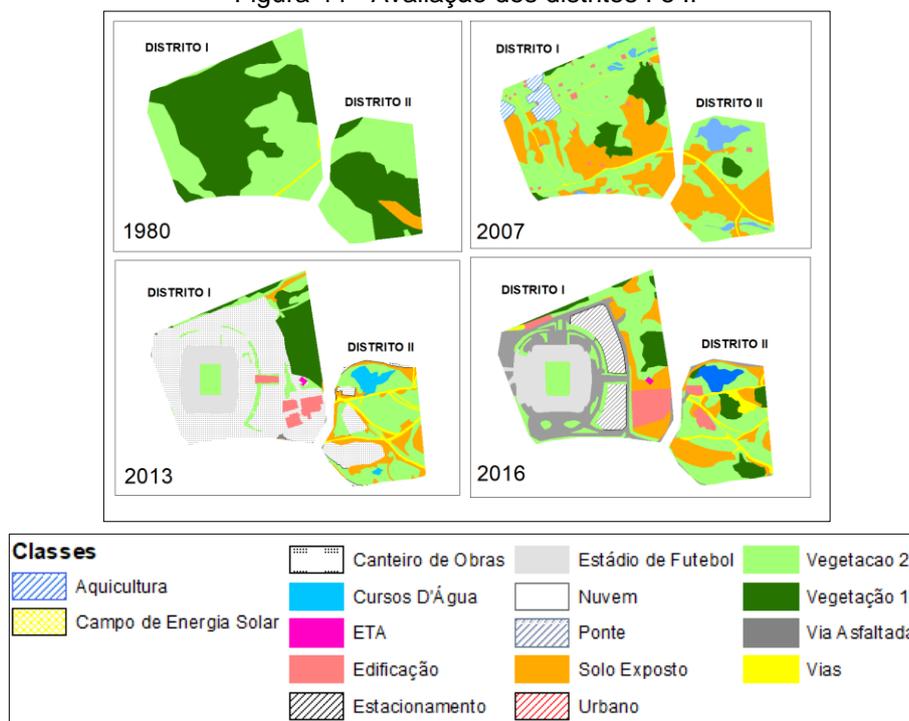
Verificado a evolução do projeto, foram analisadas as instalações das áreas distritais definidas no plano máster, verificando se houve conclusão das etapas conforme o prazo estabelecido e se houve evolução dentro do intervalo de tempos estipulado para as análises.

No total das oito áreas distritais, seis não tiveram nenhuma instalação, ou seja, 75% das áreas previstas no projeto inicial não tiveram sequer uma instalação.

A etapa 1 do projeto, finalizada em 2014, previa a instalação dos distritos I, II, III, IV, VII e VIII. E as demais para as etapas 2, 3 e 4, com a continuação das instalações habitacionais, referentes aos distritos V e VI.

A Figura 43 apresenta os resultados das instalações dos distritos I e II, pertencentes a primeira etapa. Nesta figura é possível verificar a situação da área na avaliação Ex-Ante, Durante e Ex-Post.

Figura 44 - Avaliação dos distritos I e II



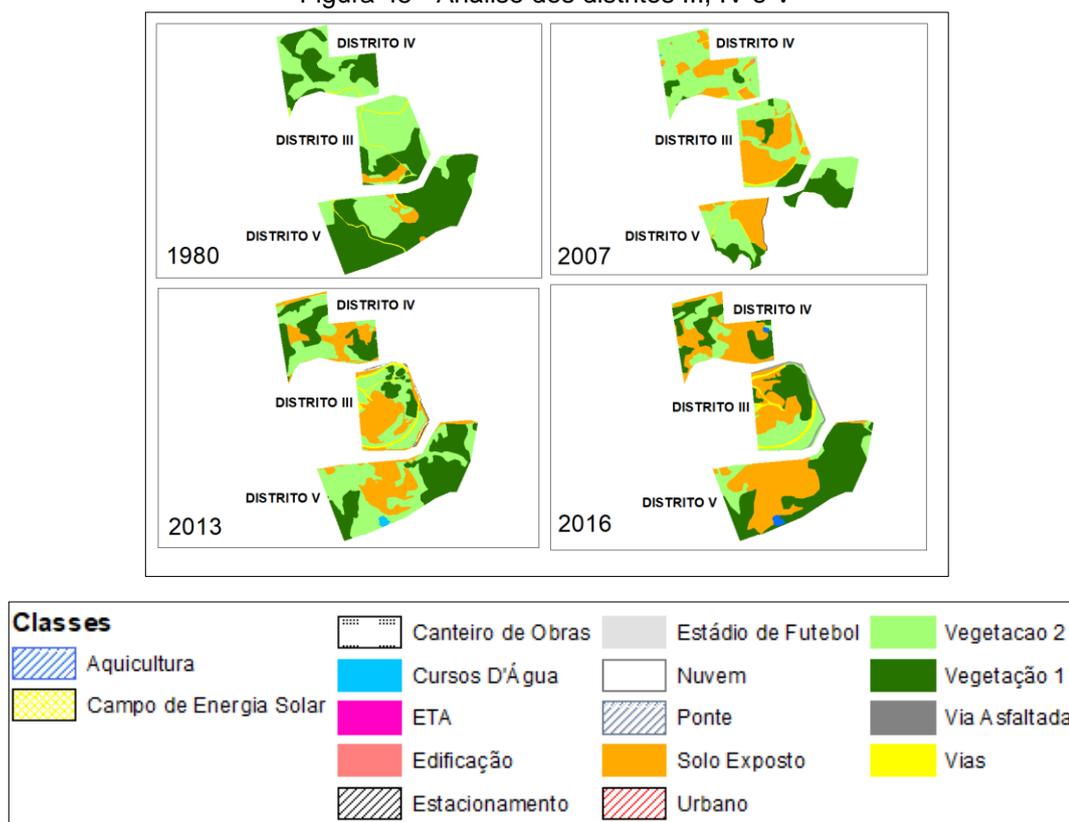
Fonte: O autor.

Conforme apresentado na Figura 40, o distrito I apresentou evolução, pois houve algumas instalações previstas no projeto inicial, como por exemplo, a instalação da Arena Multiuso, ETA, estacionamentos. É possível verificar na análise temporal, que na avaliação durante (imagem de 2013), são identificados os canteiros de obras,

que são finalizados em 2016. Entretanto, não houve a construção da Arena Indoor, Hotéis e Centro e Convenções. Em contrapartida, o distrito II não apresentou nenhuma instalação prevista no *Master Plan*. Contudo, houve de fato a construção de algumas edificações, mas sem as construções esperadas para Comércio/Entretenimento e Uso Misto, como Shopping Center, Bares e Restaurantes. Em uma análise temporal, o distrito II, em 2016, está praticamente igual ao ano de 2007.

Nos distritos III, IV e V, não houve as instalações previstas no projeto piloto, como por exemplo o IFPE, no distrito III. Porém, é possível verificar que houve um grande movimento de terra, com grandes índices de solo exposto. A Figura 44 apresenta os resultados destes distritos.

Figura 45 - Análise dos distritos III, IV e V

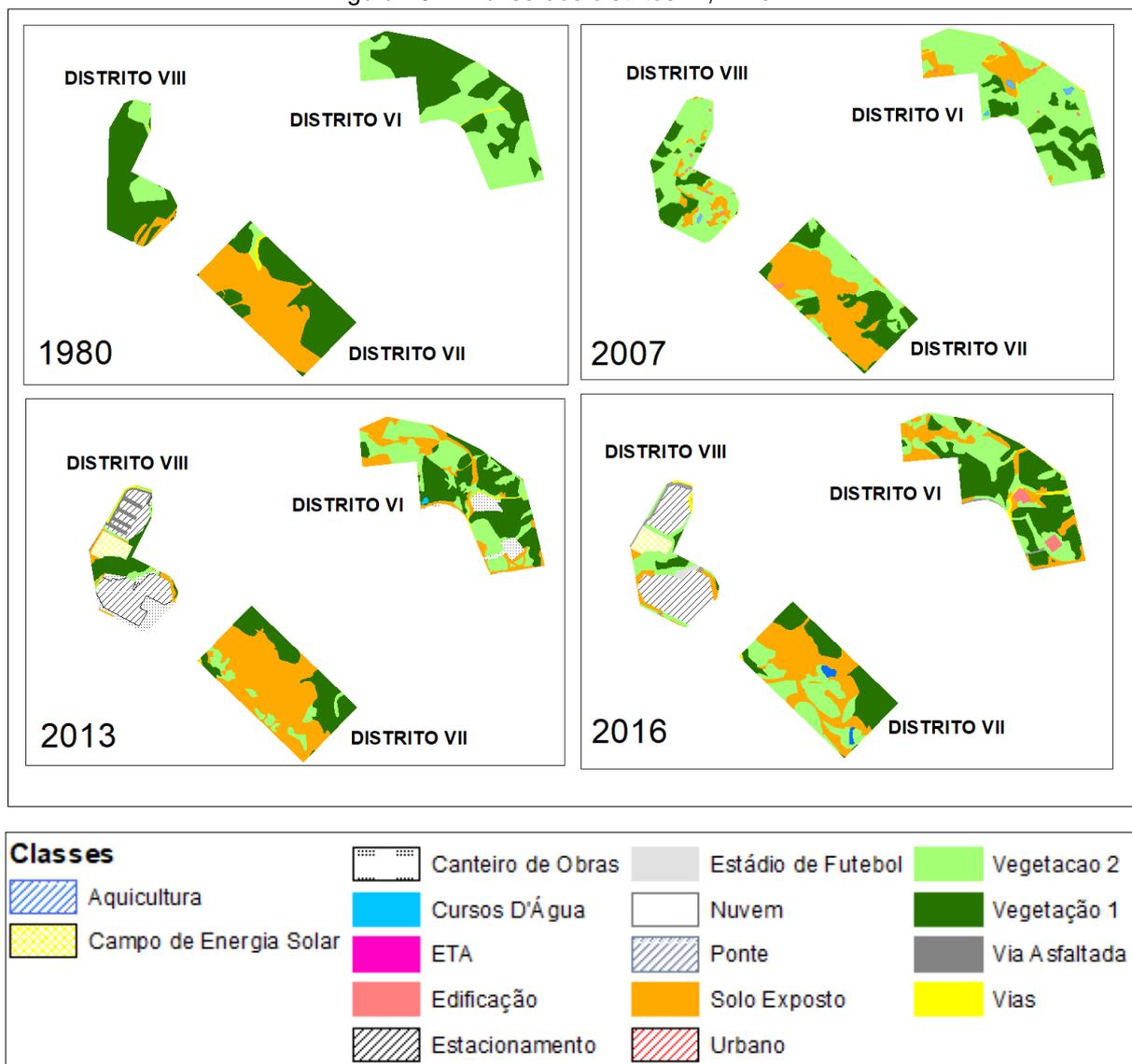


Fonte: O autor.

Na análise dos distritos VI, VII e VIII, houve apenas a instalação de infraestruturas no setor VIII, com a construção de sistemas para fornecimento de energia solar e estacionamento. Porém, era previsto também a construção de um Hipermercado, o que de fato não ocorreu. O distrito VI apresentou a instalação de

duas edificações, mas não houve a construção das unidades habitacionais e sim construções secundárias. Esses resultados são ilustrados na Figura 45.

Figura 46 - Análise dos distritos VI, VII e VIII

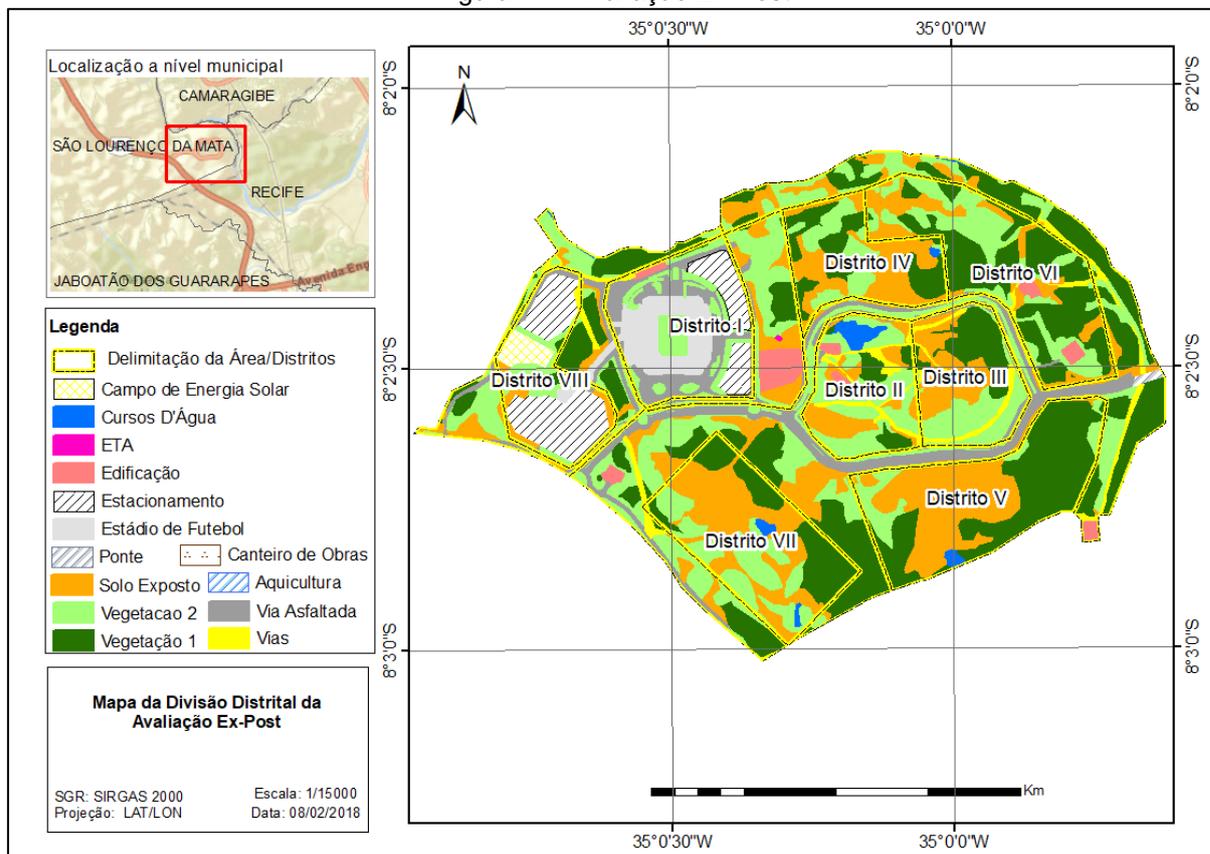


Fonte: O autor.

Os resultados apresentados nas áreas distritais, comprovou que nas áreas prioritárias (construção da Arena Multiuso), houve evolução desde a avaliação Ex-Ante, durante e Ex-Post. Porém, após a realização da Copa do Mundo, as obras não evoluíram, prejudicando todo os prazos estipulados no início do projeto. De modo geral, os setores I e VIII tiveram mais evolução, com implantação do sistema viário, algumas infraestruturas e construção da Arena Multiuso. Na Figura 46 apresenta-se a

situação atual, na avaliação Ex-Post, com as imagens de 2016, período que se encerrou o contrato da PPP, destacando a situação destes distritos.

Figura 47 - Avaliação Ex-Post



Fonte: O autor.

A Figura 43 define que a área da Cidade da Copa de São Lourenço da Mata estava pronta para receber a infraestrutura do projeto piloto. Pois já havia toda a delimitação para as instalações, o que de fato não ocorreu, deixando estagnado a evolução do projeto por problemas de corrupção, falta de fiscalização e comprometimento dos envolvidos.

8 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES

O projeto da Cidade da Copa, em São Lourenço da Mata/PE, surgiu com uma grande expectativa para enriquecer a Região Metropolitana do Recife e trazer serviços de utilidade pública, ofertando lazer, entretenimento e educação beneficiando a população como um todo, que com apenas seis anos de execução do empreendimento, teve o contrato da Parceria Pública-Privada interrompido.

As PPP's, de um modo geral, são bem atrativas para os órgãos governamentais, pois geram arrecadações por impostos devido a operação do setor privado. No entanto, cabe ao setor público, verificar no contrato, os principais riscos que podem ocorrer durante o firmamento contratual. Pois, da maneira que foi conduzido este projeto de São Lourenço, o Estado teve mais perdas que o lucro esperado, consequências já esperadas pela arquitetura financeira elaborado pela empreiteira.

Em 2010, quando foi assinado o contrato da PPP, o país passava por uma grande expectativa de crescimento, devido aos investimentos que viriam com o evento futebolístico. Porém, ao final do evento, as expectativas tornaram-se frustrações, pois muitos escândalos de corrupções pairavam sobre os noticiários diariamente e com a operação *Fair Play*, foi descoberto que a Copa do Mundo de 2014 continha um grande esquema de superfaturamento e enriquecimento ilícito, onde muitas obras nos moldes da PPP, viraram manchetes policiais, entre elas, a Cidade da Copa de São Lourenço da Mata, com o custo inicial de 389 milhões e no período pós-copa com valores acima de 600 milhões (valor até então divulgado em 2014). Contudo, apesar dos escândalos, a pesquisa do INFRASCOPE em 2017, apontou que o Brasil ainda está em uma posição confortável para atrair investidores para contratos de PPP's, porém é necessário manter um monitoramento durante a execução destes projetos, pois são trabalhos de longos prazos.

O uso de fotografias aéreas e imagem de satélite, associado a fotointerpretação, apresentaram uma solução importante para poder fazer acompanhamento de obras de grande porte e de longo prazo, característicos de projetos com atuação do setor público e privado. Logo, é possível realizar análises dentro de um intervalo de tempo pré-definido, o andamento das obras dentro dos prazos estipulados nos contratos. Na situação do projeto Cidade da Copa, as avaliações Ex-Ante, Durante e Ex-Post

identificaram a mudança no uso do solo e o desenvolvimento da região com as instalações de novas infraestruturas.

O princípio de interpretação dos objetos, em conjunto com elementos do SIG, facilita as análises quantitativas e qualitativas dos dados, contribuindo para obtenção de resultados sólidos no acompanhamento de obras, análise de vegetação e de crescimento urbano.

A fotointerpretação proporcionou apontar e identificar o estado anterior e posterior do empreendimento em São Lourenço da Mata, analisando a área antes, durante e após o projeto. A etapa I obteve o maior índice de desenvolvimento, pois previa a instalação do distrito I (principal instalação para o evento da Copa do Mundo, pois contemplava a construção da Arena Multiuso). Porém, os serviços de utilidade pública prometidos, não foram alcançados, mesmo após o prazo da primeira etapa, encerrado em 2014, ou seja, com todo investimento gasto, não houve competência, para finalizar uma das 4 etapas ou sequer a conclusão de 1 dos 8 distritos estipulado no plano máster.

Outro fato importante que merece destaque, é que ainda há distritos, especificamente III, IV e V que apenas tiveram modificações morfológicas, sem nenhum esboço ou características de alguma construção, sendo que o terceiro distrito receberia a instalação de um Instituto Federal de Educação, o que contribuiria para a educação no estado.

Após o encerramento do contrato, a Cidade da Copa permanece uma área vazia a espera destes investimentos. Recomenda-se que haja outro acompanhamento, embasado com técnicas de fotogrametria e fotointerpretação, para verificar se haverá evolução dentro desta área, pois foi vendido um projeto para a população e pouco se sabe como irá continuar este empreendimento.

O Estado de Pernambuco ainda comporta e comportará outras PPP's. É interessante que seja realizado estudos deste porte para verificar se há progressão ou não em relação aos projetos pilotos desenvolvidos. Logo, através de um acompanhamento e processamento de originais cartográficos, se obtém dados que comparados ao projeto inicial, geram resultados para melhores tomadas de decisões, verificando em um estudo de uso do solo se o projeto é viável ou em podendo realizar monitoramento da área afim de identificar as etapas concluídas do projeto.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, V. R. L., LAPA, T. A., BRANDÃO, J. S. N. Os Megaeventos e Mito da Redenção Urbana: Legado Urbano para as Gerações ou Mais Uma Forma de Especulação Imobiliária? **NUTAU 2014 – Megaeventos e Sustentabilidade: Legados Tecnológicos em Arquitetura, Urbanismo e Design**. USP, SP, 2014.
- BARROS, S. X., GUERRA, S. P. S., BARROS, Z. X., CATITA, C. M. S., FERNANDES, J. C. C. C. Uso de Imagens de Satélite para Cálculo de Volume em Floresta de Eucalipto no Município de Botucatu/SP. **Energ. Agric., Botucatu**, vol. 30, n.1, p.60-67. Janeiro-março, 2015.
- BELTRÃO, Éric Tardiello. Automação no Processo de Vetorização de áreas de Interesse e Buffer Variável Sobre Imagens de Satélite. **Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Geomática, Concentração em Tecnologia, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM**. RS, 2012.
- BOSQUILIA, R. W. D., FIORIO, P. R., DUARTE, S. N., FARIA, V. G., BARROS, P. P. S., Comparação entre Diferentes Imagens de Satélite no Mapeamento Virtual de Drenagens e Nascentes e Amostras Circulares. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE
- BRAGA, W.T. Análise das Métricas dos Fragmentos Florestais e dos Padrões Espaciais Morfológicos a Partir de Restituição Fotogramétrica de Fotografias Aéreas Digitais. **Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia**. Brasília – DF, 2016.
- BRASIL, **Lei nº 11.079**, de 30 de dezembro de 2004. Institui normas gerais para licitação e contratação de parceria público-privada no âmbito da administração pública. Brasília, 30 de dezembro de 2004, 183º da Independência e 116º da República.
- CHELI, A.E., **Introducción a la Fotogrametria y su Evolución**. 1ª ed. – La Plata: Hespérides, 2011. 260 p. ISBN: 978-987-1844-04-3.
- CIRILO, J. A., ALVES, F. H. B., SILVA, L. A. C., CAMPOS, J. H. A. L. Suporte de Informações Georreferenciadas de Alta Resolução para Implantação de Infraestrutura e Planejamento Territorial. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol 07, n. 04 (2014) 755-763.
- COSTA, P. H. V., KAWAHIRA, L. K., ALENCAR, C. T., SILVA, S. A. R. Parceria Público Privada para Investimento em Arenas Multiuso – Estudo de Caso da Arena Pernambuco. **13ª Conferência Internacional da LARES, Centro Brasileiro Britânico**. São Paulo, 2013.

CRISPIM, L. C., ALBANO, A. O Uso das Imagens de Satélite como Recurso Didático no Ensino de Geografia. **Revista de Estudos e Pesquisas em Ensino de Geografia**. Florianópolis, SC, v. 3, n. 4, maio 2016.

DAVIS, B.E. **Raster and Vector Data. GIS: a visual approach**. 2nd ed. Albany: ONWORD: Thomson Learning, cap. 3, 2001, p 61-91. ISBN 076682764X.

DIGITALGLOBE. **QuickBird Data Sheet**, 2009. Disponível em: <<https://www.spaceimagingme.com/downloads/sensors/datasheets/QuickBird-DS-QB-Web.pdf>> Acessado em: 17 de fev. de 2018.

DOYLE, F., J. The Historical Development of Analytical Photogrammetry. **Journal Photogrammetric Engineering**, vol. xxx, n. 2. mar. 1964: pp. 259-265.

EDMUNDSON, K.L., ALEXANDROV, O., ARCHINAL, B. A., BECKER, K. J., BECKER, T. L., KIRK, R. L., MORATTO, Z. M., NEFIAN, A. V., RICHIE, J. O., ROBINSON, M. S. Photogrammetric Processing of Apollo 15 Metric Camera Oblique Images. **XXIII ISPRS Congress**, Prague, Czech Republic, 2016.

ENGLER, J. M., LOCH, C. Análise Temporal da Rede Viária Urbana de Chapecó-SC Utilizando a Fotointerpretação. **Anais do COBRAC 2016**. Florianópolis –SC – Brasil - UFSC – de 16 a 20 de outubro 2016

FALKNER, E., MORGAN, D. Aerial Mapping: Methods and Applications. **CRC Press**, 2nd ed., 2002. 216 p. ISBN: 1-56670-557-6.

FARSHAD, A. **Image (aerial photo)-Interpretation for Soil Survey**. 2006. 86 p. Disponível em: <http://www.charim.net/sites/default/files/handbook/datamanagement/3/3.6/Geopedology/Air_photo_interpret.pdf>. Acessado em: 08 de set. de 2018..

FAVARIN, J. A. S.; PEREIRA, R. S.; PEGORARO, A. J.; LIPPERT, D. B. Obtenção de fotografias aéreas de um povoamento de *Pinus taeda L.* com o VANT Microdrone MD4-1000. **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Foz do Iguaçu - PR, Brasil, 2013, INPE.

FERNÁNDEZ, P. S.; ALONSO, A. B. Los Eventos Deportivos Como Generadores de Impacto Económico: Factores Clave y Medición. **XXI International Congress of AEDEM**, Budapest, Hungría, 2012. ISBN 13: 978-84-695-4555-3.

FERREIRA, L. G., MARTINI, P. R. Programa CBERS (Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres). **XVI Simposio Internaciona SELPER, Colômbia, 2014**. Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/html/arquivos/palestras/2014_Selper_Mendelin-Programa_CBERS.pdf>. Acessado em: 17 de fev. de 2018..

FIDALGO, E. C. C., COELHO, M. R., ARAUJO, F. de O., SANTOS, H. G. dos, BREFIN, M. de L. M. S. Uso de Imagens de Satélite para o Estudo do Uso da Terra e Sua Dinâmica. In: MOREIRA, F. M. S.; CARES, J. E.; ZANETTI, R.; STUMER, S. L. (Ed.). **O ecossistema solo: componentes, relações ecológicas e efeitos na produção vegetal**. Lavras: UFLA, 2013. cap. 2, p. 32-43. Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/974179>>. Acessado em 17 de fev. de 2018.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. 2005. 32 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf>. Acessado em: 17 de fev. de 2018..

FILHO, J. L., IOCHPE, C. **Introdução a Sistemas de Informações Geográficas com Ênfase em Banco de Dados**. 1996, 53 p. Disponível em: <<http://www.dpi.ufv.br/~jugurta/papers/sig-bd-jai.pdf>>. Acessado em 17 de fev. de 2018.

FILHO, M. H. A., LEITE, L. W. C., CHAMBARELLI, M. A. P. Parcerias público-privadas: uma classe de ativos para investimentos. **Revista do BNDES**, n. 44, dez. 2015, p. 251-309. .

FRAGAL, E. H., NOVO, E. M. L. M., SILVA, T. S. F., Análise de Bandas Espectrais e Índices de Vegetação NDVI e NBR para a Reconstrução Histórica da Alteração da Floresta de Várzea do Baixo Amazonas Através de Série Temporal Landsat. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR**, João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

FUSIOKA, A. M. Segmentação de imagens aéreas de veículos aéreos não tripulados para a agricultura de precisão. **Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciência da Computação)** - Universidade Estadual de Londrina, Londrina - PR, 2016.

GEOEYE. **Ikonos Imagery Products Guide**. Version 1.5, Effective, Jan, 2006. Disponível em: <http://glcf.umd.edu/library/guide/IKONOS_Product_Guide_jan06.pdf>. Acessado em 17 de fev. de 2018.

GONÇALVES, I. P.; NEUTZLING, R. D.; e PORTELLA, A. A. **O Impacto da Copa e das Olimpíadas no Brasil. Estudo de Caso: Cuiabá – Mato Grosso**. Disponível em: http://www.usp.br/nutau/anais_nutau2014/trabalhos/goncalves_isabelp.pdf

GOVERNO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Histórico da EMTU**. Disponível em: <<http://www.granderecife.pe.gov.br/sitegrctm/institucional/historico/historico-da-emptu/>>. Acesso em: 05 de ago. de 2018.

Iowa State University. **Aerial Photo Interpretation**. Disponível em: https://www.nrem.iastate.edu/class/assets/nrem345/Week6_ALL.pdf. Acessado em: 11/09/2017.

JAN, A. **Fundamentals of Photointerpretation and Photogrammetry**. GOP/USAID Forestry Planning and Development Project, Islamabad, 1993. KAWAKUBO, F. S.,

MORATO, R. G., LUCHIARI, A. Processamento das Imagens HRG-SPOT 5 Na Determinação de Classes de Uso da Terra e Manchas de Cobertura Vegetal na Região de Teodoro Sampaio – Pontal do Paranapanema. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, Nº 15, pp. 127 - 136, 2004.

KRESSE, W., DANKO, D. M. **Springer Handbook Geographic Information**. Springer – Verlag Berlim Heidelberg, 2012.

KUX, H. J. H., PINHEIRO, E. S. Dados do Satélite Quickbird para o Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra numa Seção da Mata Atlântica no Estado do Rio Grande do Sul. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 4509-4516.

LIMA, R. C. Arena Pernambuco: notas e reflexões. **Anais / X Semana de História Política: Minorias étnicas, de gênero e religiosas / VII Seminário Nacional de História: Política, Cultura e Sociedade**. Rio de Janeiro, 2015, p. 2606-2585. ISSN 2175-831X

MARTELLO, M.; FIORIO, P.; R.; VETTORAZZI, C. A.; BARROS, P. P. S.; TAVARES, T. R.; SEIXAS, H. T. Utilização de imagens aéreas obtidas por RPA no monitoramento inicial de Eucalyptus SP. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa-PB, Brasil, 2015, INPE.

MARINOV, B., Differential Rectification, FH-KA – **Master Course Photogrammetry**, 2003. Disponível em: http://uacg.bg/filebank/att_2553.pdf. Acessado em: 17/09/2017.

MELLO, G. M. S. Transformações na Dinâmica Territorial de São Lourenço da Mata: Da “Cidade Da Copa” Aos Novos Empreendimentos Imobiliários. **Dissertação (Mestrado)** – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação. Desenvolvimento Urbano, 2014.

MENDONÇA, Renata. Três anos após início da Copa, ‘elefantes brancos’ servem até de escola para reduzir prejuízo. **BBC Brasil**, São Paulo, 12 jun. 2017. Disponível em: < <http://www.bbc.com/portuguese/brasil-40226673> >. Acesso em: 04/03/2018.

MENESES, P.R., ALMEIDA, T., **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 3. ed., Brasília-DF, 2012. 276 p.

NASCIMENTO, A. C. A. V. A construção do informal: uma análise morfológica das favelas da cidade de João Pessoa. **Dissertação (Mestrado em Urbanismo)** - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.

NASCIMENTO, T. V., FERNANDES, L. L. Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo em Uma Pequena Bacia Hidrográfica da Amazônia. **Ciência e Natura, Santa Maria v.39 n.1**, 2017, Jan - abr, p. 170 – 178. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM. ISSN impressa: 0100-8307. ISSN on-line: 2179-460X.

PEÑA, J.S., MENDÉZ, T. S., **Fundamentos de Fotogrametria**. Universidad de La Rioja, Servicio de Publicaciones, 2011. 70 p. ISBN: 978-84-694-0865-0.

PENHA, A. L. T.; MORITA, C. Y.; CERQUEIRA, R. W. Geração De Base Cartográfica Digital a Partir de Produtos Fotogramétricos para a Geração de Ortofotocarta, Carta Topográfica e Banco de Dados Geográficos – O Caso do Projeto de Mapeamento do Estado da Bahia. **IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, 2012.

PEURALAHTI, Jari. Geographic Information System – A Case Study for Developers. **Master of Engineering**, Degree Programme In Information Technology, Helsinki Metropolia University of Applied Sciences, 2014.

PHIRI, D., MORGENROTH, J. **Developments in Landsat Lan Cover Classification Methods: A Review**. Remote Sens. **2017**, 9, 967; doi:10.3390/rs9090967.

PIRES - Advogados & Consultores. **Relatório de Impacto Ambiental – RIMA**. Recife – PE, 2012.

Portal da Transparência da Copa de 2014. **Edital de Licitação Concorrência Internacional Nº 001/2009 – CGPE: Edital de Concessão Administrativa para a Exploração da Arena Multiuso da Copa 2014 e Conformidade a Lei Federal nº 11.079/04, e as Leis Estaduais nº 12.765/05, nº 12.976/05 e nº 13.282/07**. Disponível em: < www.portaltransparencia.gov.br/copa2014 > Acesso em: 15 de fev. de 2018

Portal da Transparência da Copa de 2014. **Anexo X – Projeto Básico da Cidade da Copa e Modelagem**. Disponível em: < www.portaltransparencia.gov.br/copa2014 > Acesso em: 15 de fev. de 2018

RAY, R. G.; Aerial Photographs in Geologic Interpretation and Mapping. **Geological Survey Professional Paper 373**. Washington, U.S. Govt. Print. Off., 1960. 237 p.

RODRIGUES, R. J.; DELLAQUA, T. T.; BERGAMASCO, M. C.; BISTAFFA, M. J. **Uso do Geoprocessamento em Fotos Aéreas para Avaliar o Desmatamento Ocorrido nos Últimos 50 Anos na Cidade de Assis- SP**. Tekhne e Logos, Botucatu, SP, v.7, n.1, Abril, 2016.

ROMANHOLI, M. P.; CIUFFA, A. I.; TALAMONI, C. D.; TAFARELLO, M. E.; DUARTE, R. Automatização na produção de mapas topográficos baseada em páginas de dados dinâmicos e bancos de dados espaciais. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa-PB, Brasil, 2015, INPE.

RUBIRA, F. G. Análise multitemporal da expansão urbana de Maringá-PR durante o período de 1947 a 2014 envolvendo o Parque Municipal do Cinquentenário e as principais áreas verdes do município. **Caderno de Geografia**. v. 26, n. 46. 2016.

SATELLITE IMAGING CORPORATION. **Spot-7 Satellite Sensor**. Disponível em: <<https://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/spot-7/>> . Acessado em: 05 de ago. de 2018.

SCHENK, T. **Introduction to Photogrammetry**. Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, Ohio, 2005. 100 p.

SILVA, C. F. A.; BARRETO, E. P.; SHULER, C. A. B.; CARVALHO, K. T. S. Evolução multi-temporal do uso e ocupação do solo no entorno do campus da Universidade Federal Rural de Pernambuco em Recife. **XXVI Congresso Brasileiro de Cartografia**. Gramado – RS, 2014.

SILVA, D. A., COSTA, G. C., Aerofotogrametria em Projetos de Estradas. **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife/PE, 2010.

SILVA, D. H. S., LOPES, M. B. L., SCHULER, C. A. B. Fusão de Imagem pelo Método IHS Utilizando Imagem do Satélite CBERS 4 Sensor MUX e Ortofoto. **Anais do XXVII Congresso Brasileiro de Cartografia e XXVI Expositiva**. 6 a 9 de novembro de 2017, SBC, Rio de Janeiro - RJ, p. 1555-1560.

SILVA, Marcel Santos. Sistemas de Informações Geográficas: elementos para o desenvolvimento de bibliotecas digitais geográficas distribuídas. **Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação)** – Faculdade de Filosofia e Ciências – Universidade Estadual Paulista, Campus de Marília, 2006.

SRINIVASAN, B., TEICHMANN, F. **Analysis of Landsat 8 Multispectral Satellite Imagery for the Identification of Rock-Based Archaeological Sites in India**. Engineering Science, 2017, 2(3): 69-77.doi: 10.11648/j.es.20170203.13.

TEMIZ, M., S., KÜLÜR, S. Rectification of Digital Close Range Images: Sensor Models, Geometric Image Transformations and Resampling. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences**. Vol. XXXVII. Part B5. Beijing 2008

TEXEIRA, A. H. C., LEIVA, J. F., ANDRADE, R. G., HERNANDEZ, F. B. T. Determinação da Evapotranspiração Atavés de Imagens de Satélite de Diferentes Resoluções com e sem Banda Termal. **Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. João Pessoa-PB, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015, INPE.

The Economist Intelligence Unit. 2017. **Evaluating the environment for public-private partnerships in Latin America and the Caribbean: The 2017 INFRASCOPE**. EIU, New York, NY. Disponível em: <https://investchile.gob.cl/wp-content/uploads/2017/06/infrascoppe-2017-final.pdf>. Acessado em: 04/03/2018.

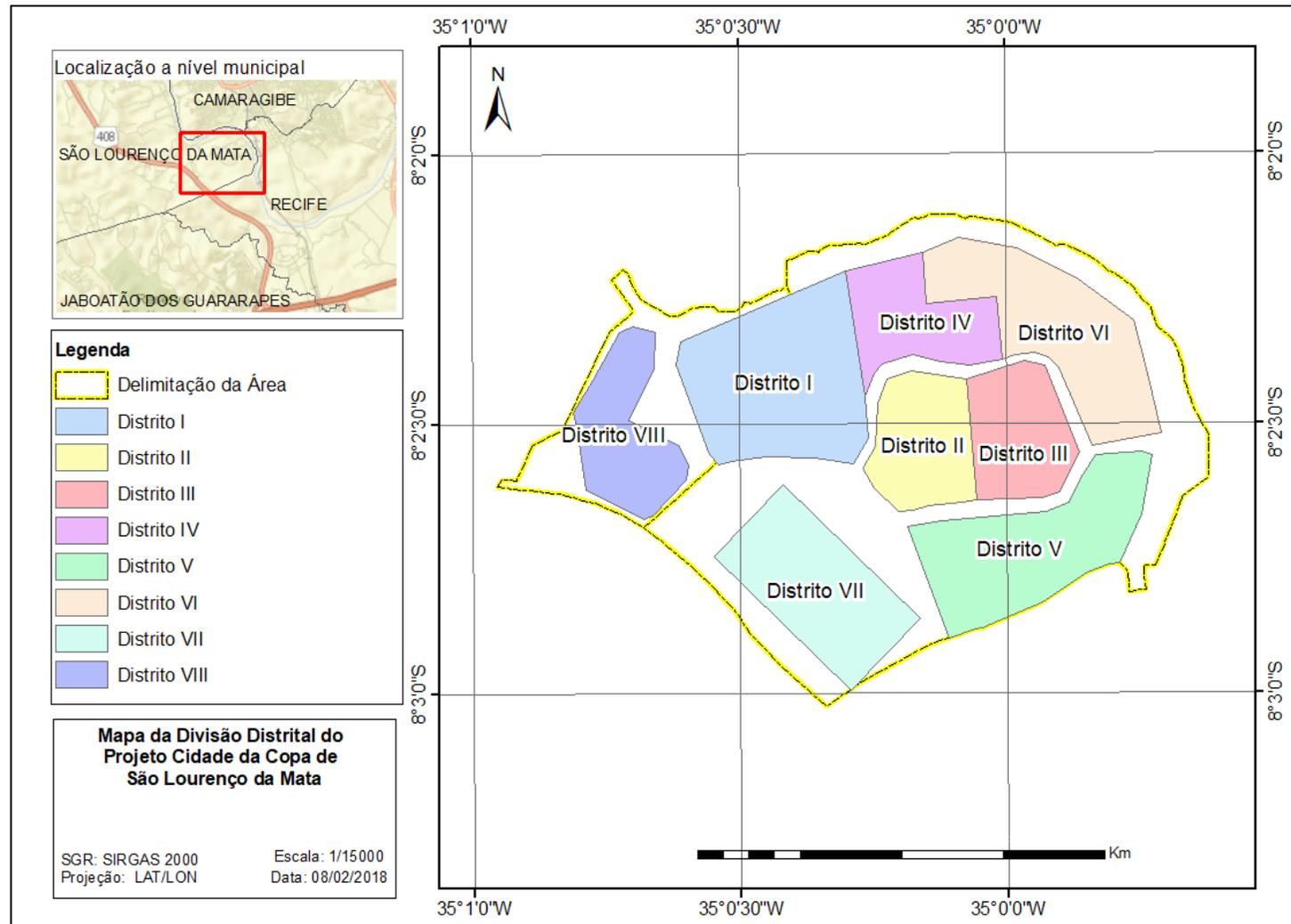
ÜNSALAN, C., BOYER, K.L. **Remote Sensing Satellites and Airborne Sensors**. Multispectral Satellite Image Understanding, Advances in Computer Vision and Pattern Recognition, Cap. 2. DOI 10.1007/978-0-85729-667-2_2, © Springer-Verlag London Limited 2011.

USGS, Science for a Changing World. **Landsat – Earth Observation Satellites**. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/fs/2015/3081/fs20153081.pdf>. Acessado em: 17 de fev. de 2018.

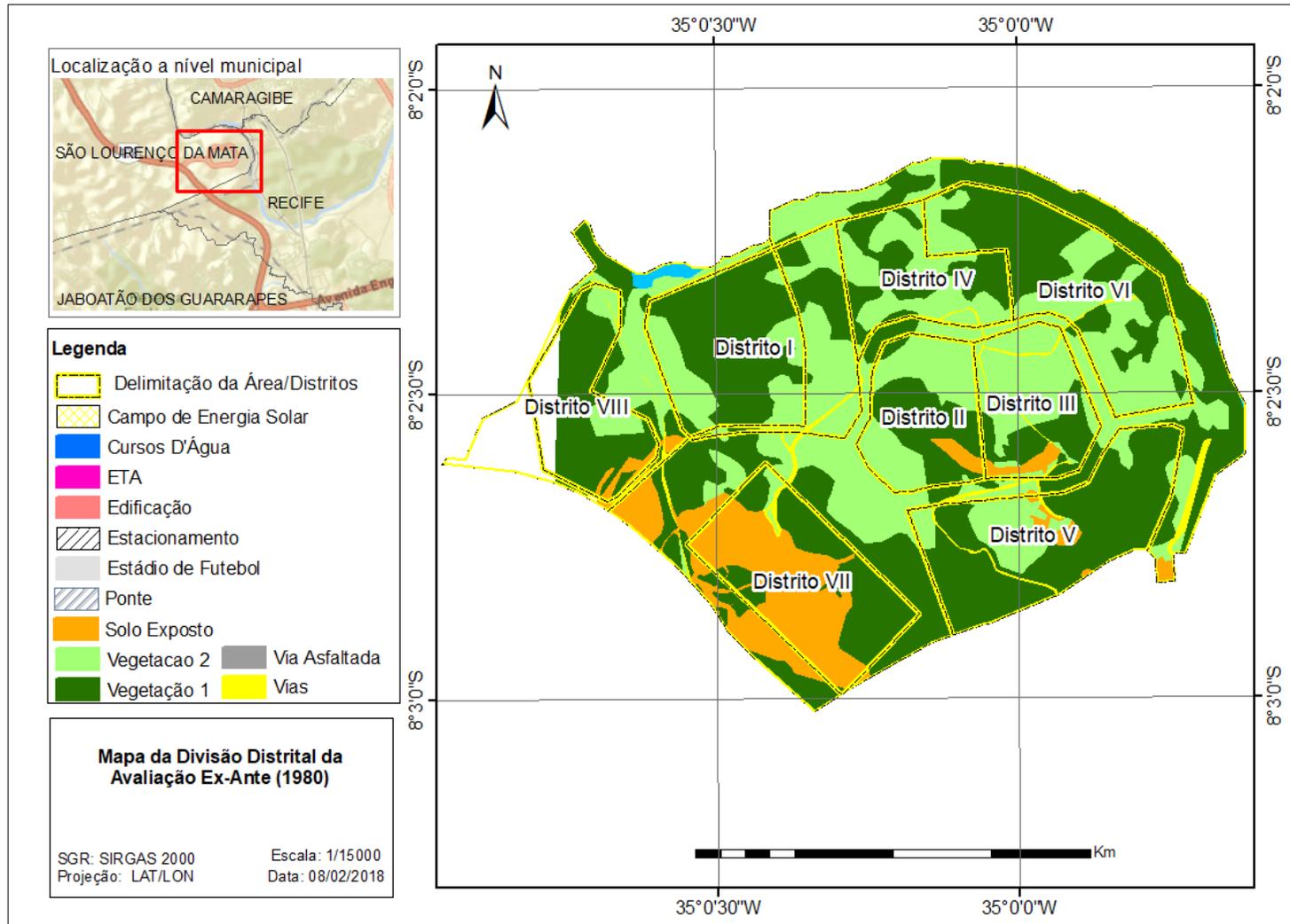
VOZENILEK, V., BELKA, L. The Cartographic Concept of the Image Map. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B4, 2016. **XXIII ISPRS Congress**, 12–19 July 2016, Prague, Czech Republic.

WOLF, P. R., DEWITT, B. A., WILKINSON, B. E. **Elements of Photogrammetry With Applications in GIS**. McGraw-Hill Education– Estados Unidos, 2014. 663 p. ISBN: 978-0-07-176111-6.

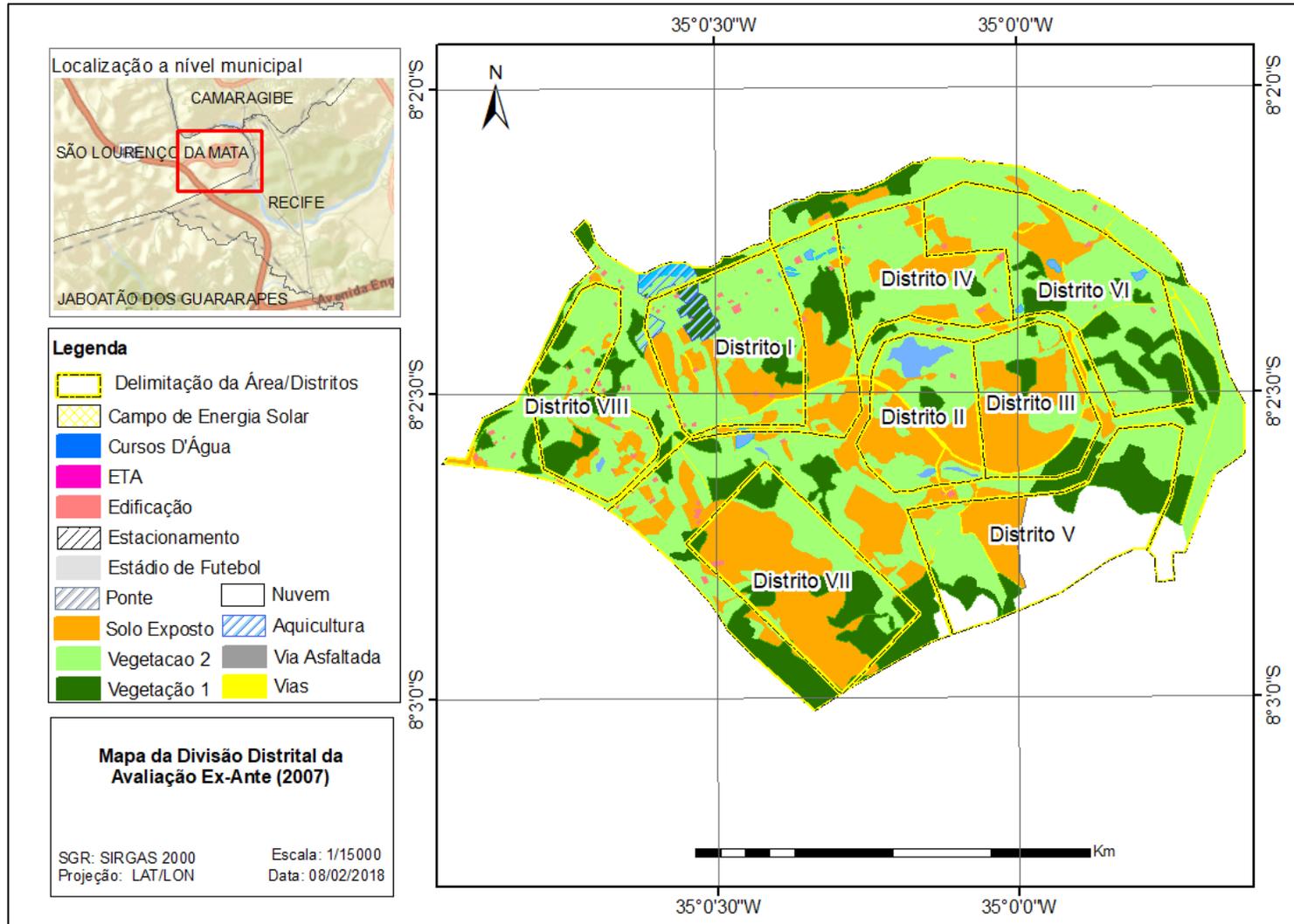
APÊNDICE A - DIVISÃO DISTRITAL DO PROJETO



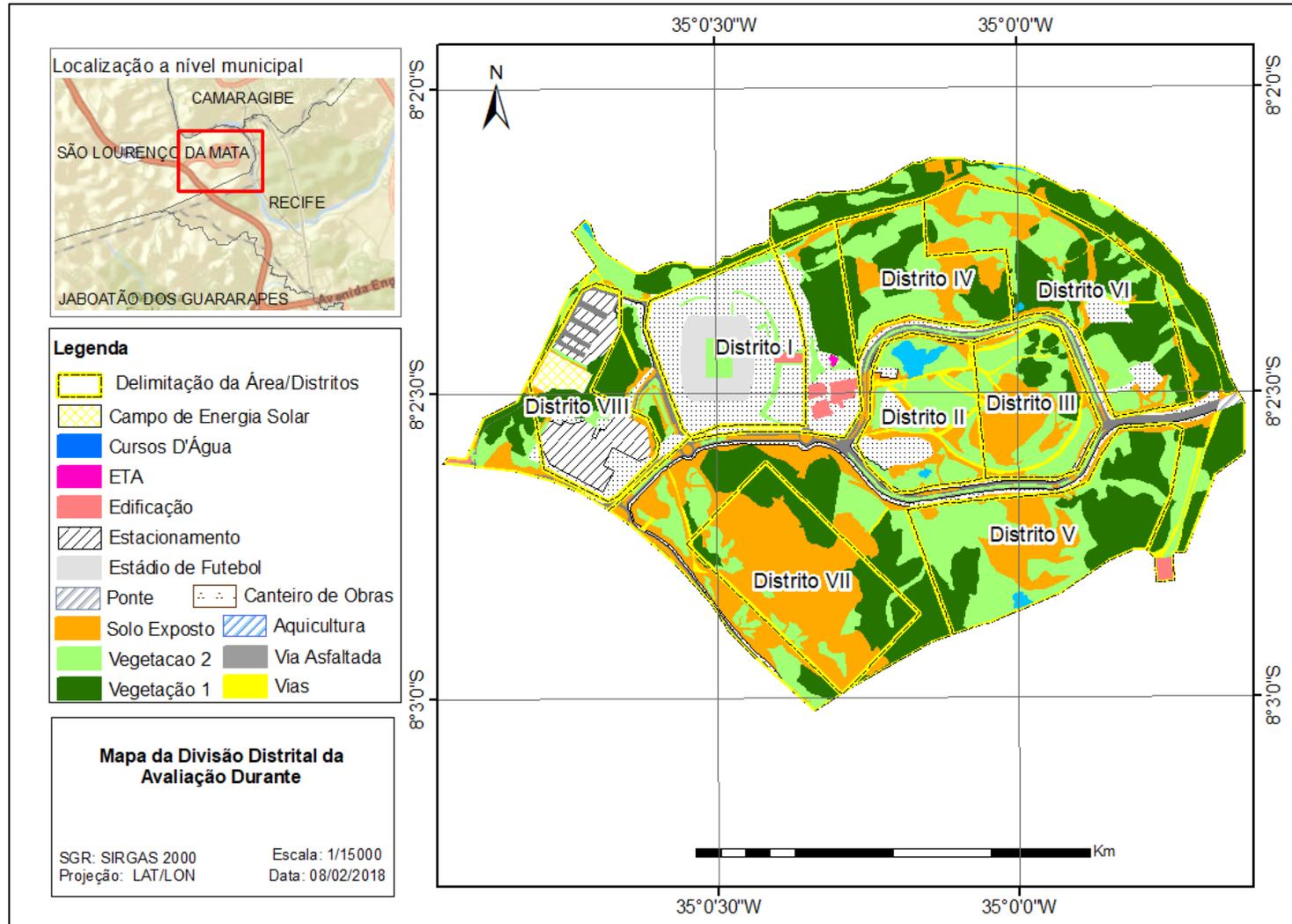
APÊNDICE B - AVALIAÇÃO EX-ANTE (1980)



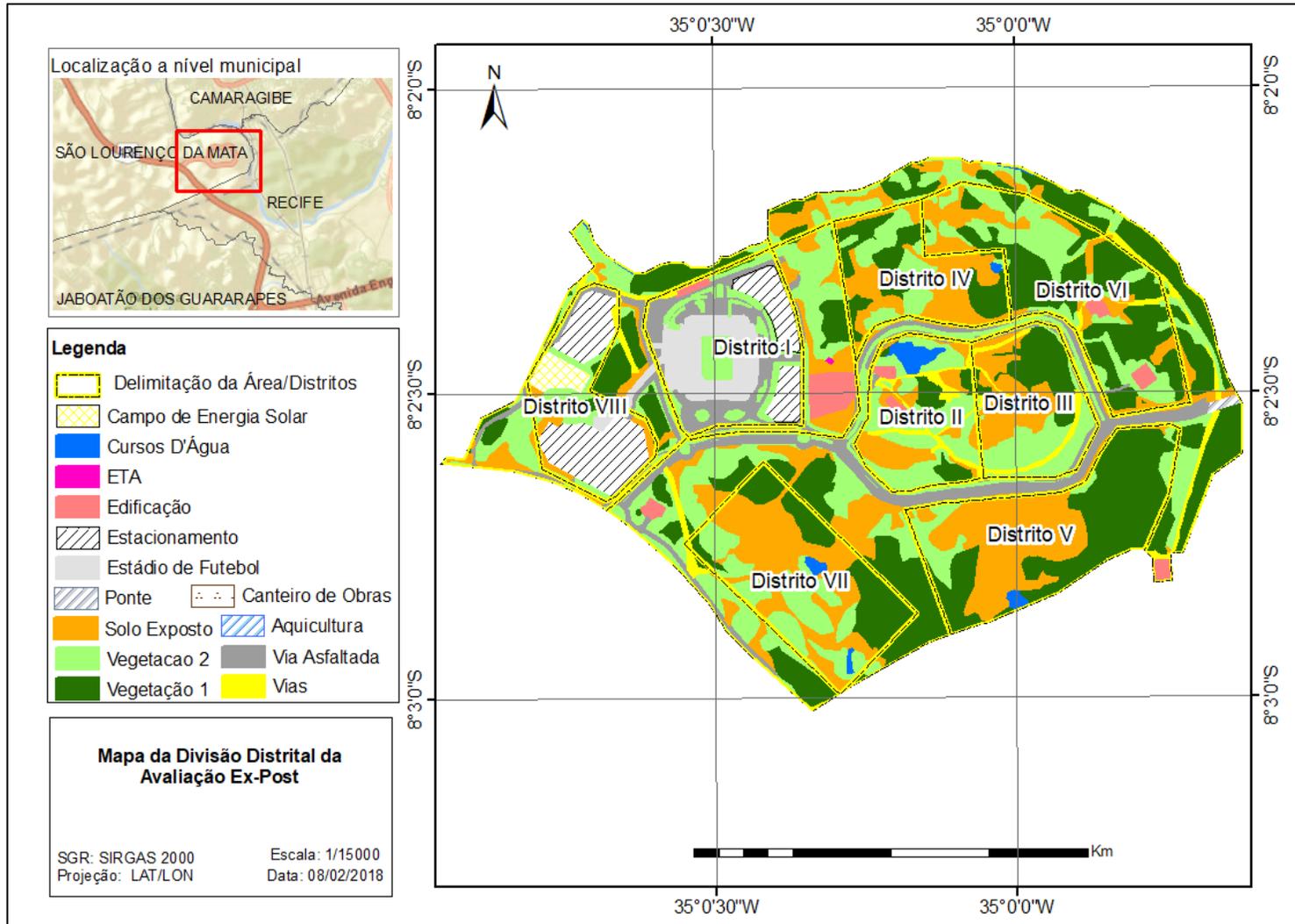
APÊNDICE C - AVALIAÇÃO EX-ANTE (2007)



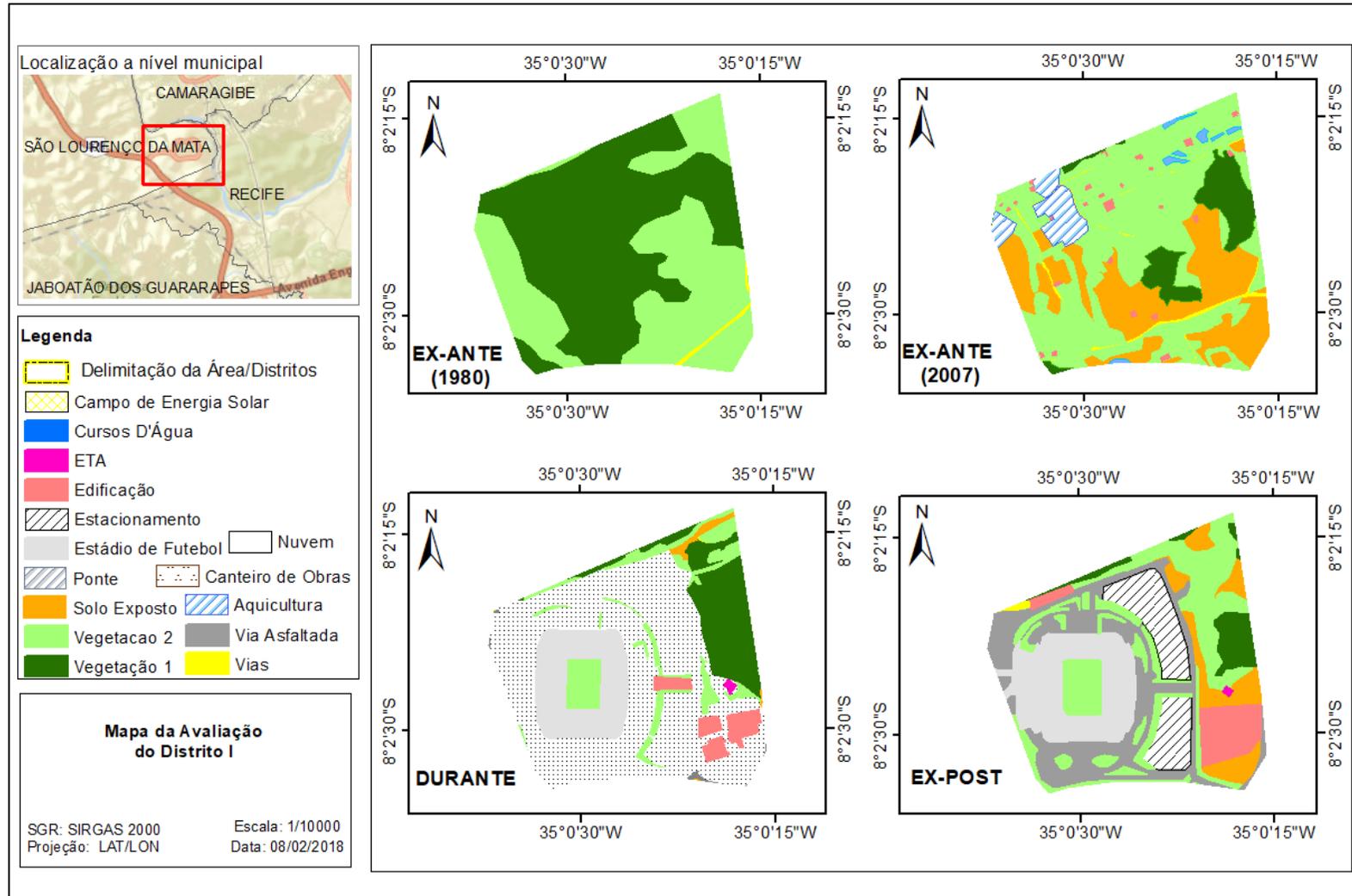
APÊNDICE D - AVALIAÇÃO DURANTE



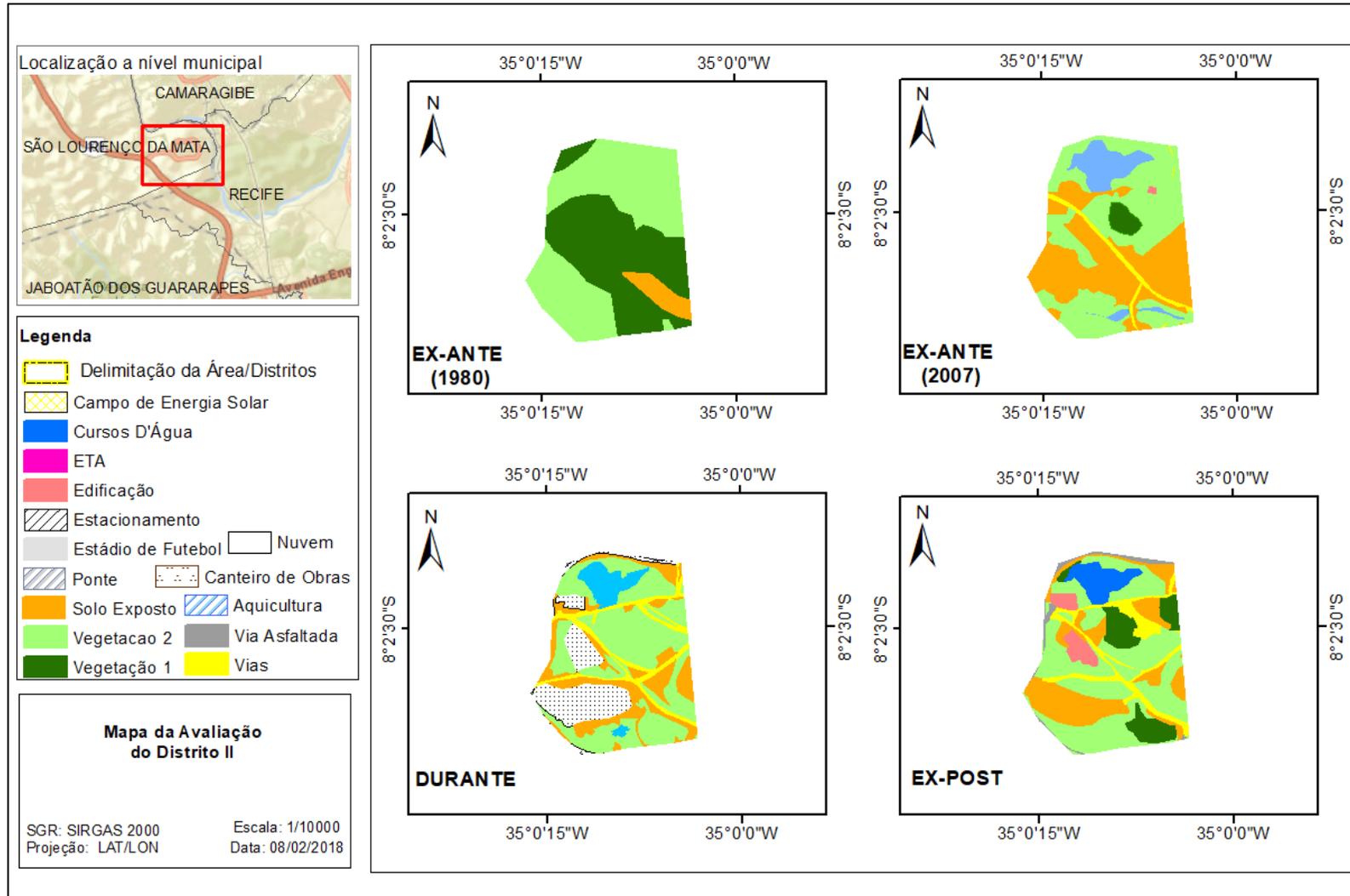
APÊNDICE E - AVALIAÇÃO EX-POST



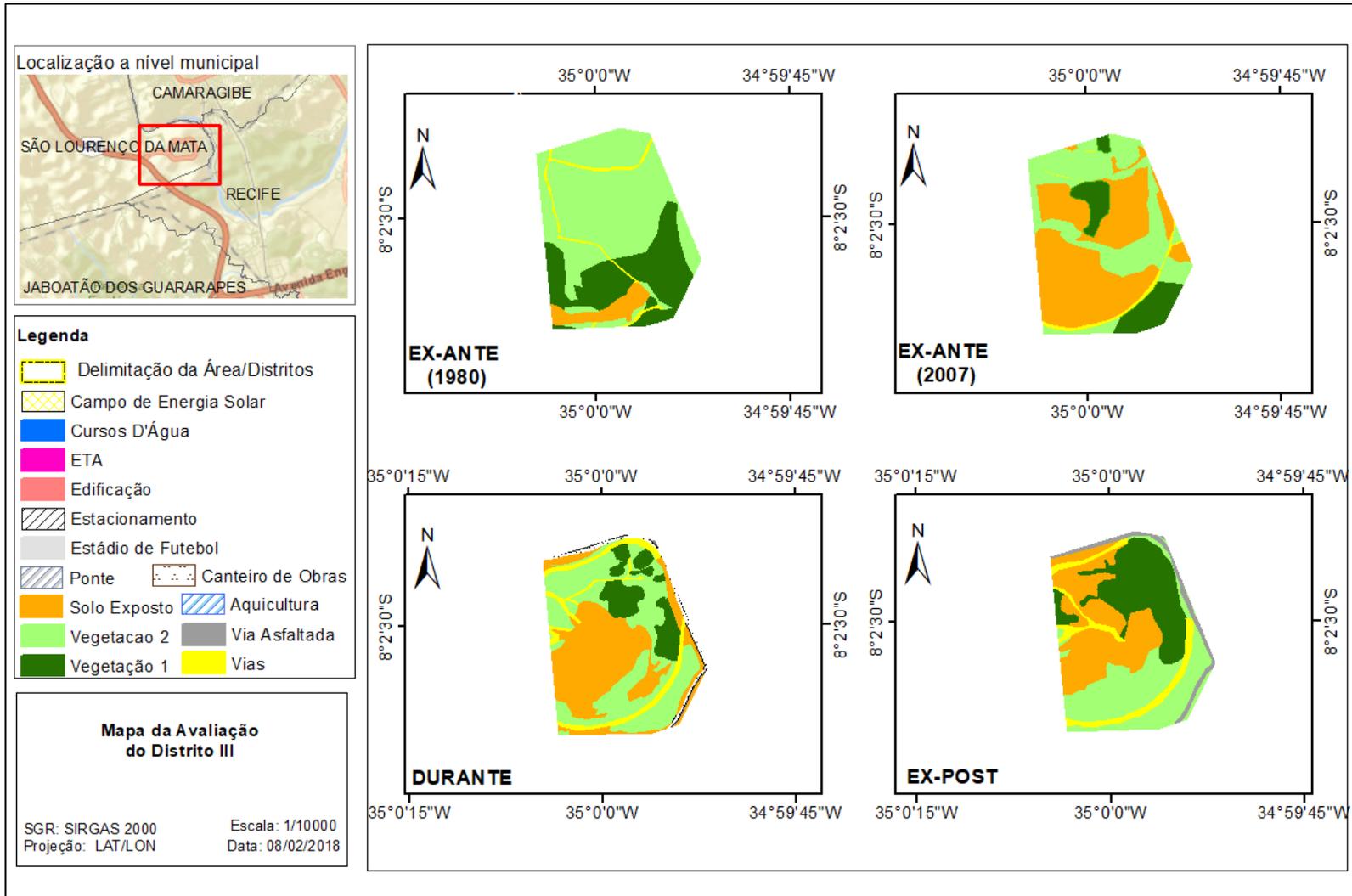
APÊNDICE F - AVALIAÇÃO DO DISTRITO I



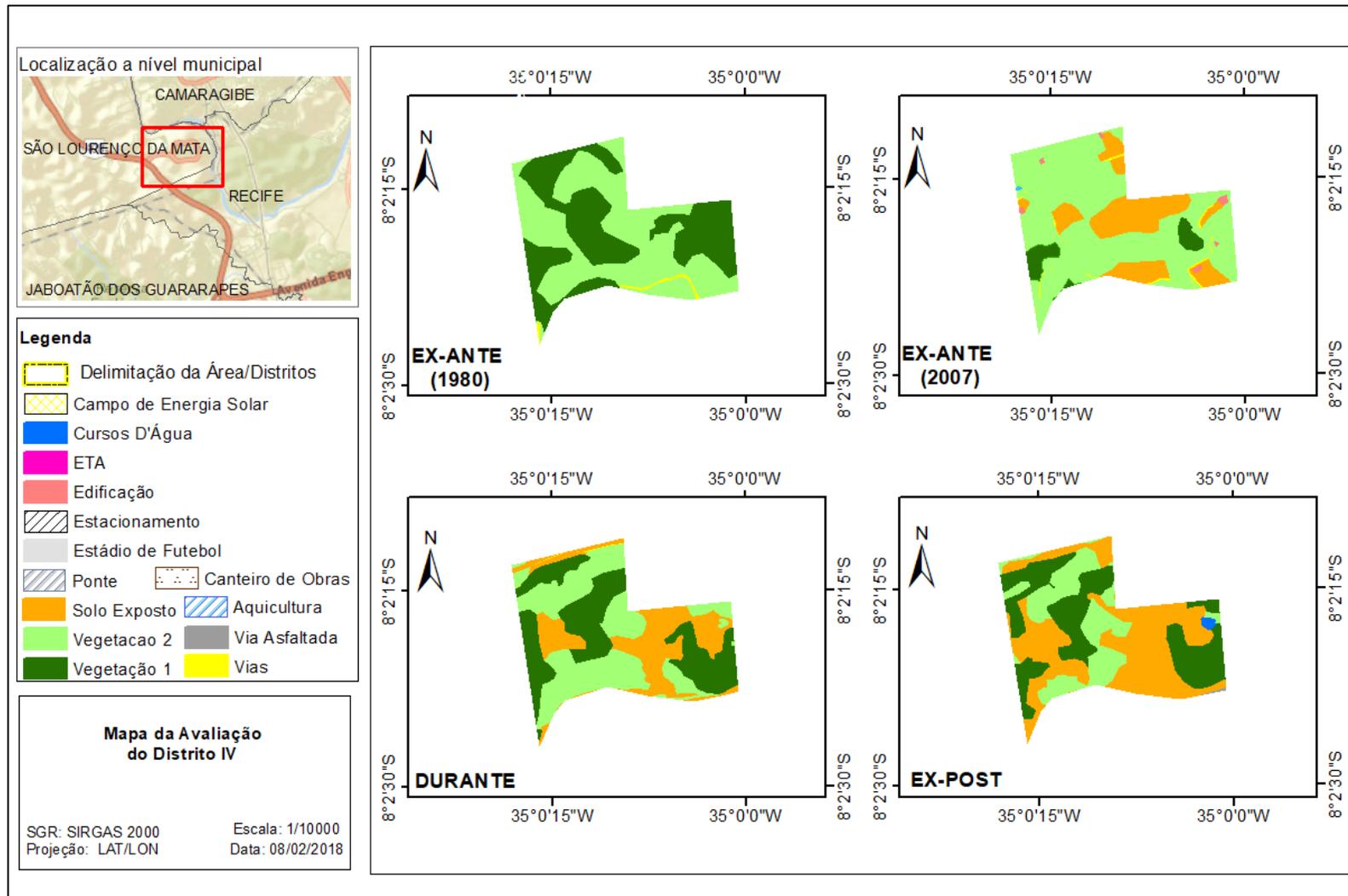
APÊNDICE G - AVALIAÇÃO DO DISTRITO II



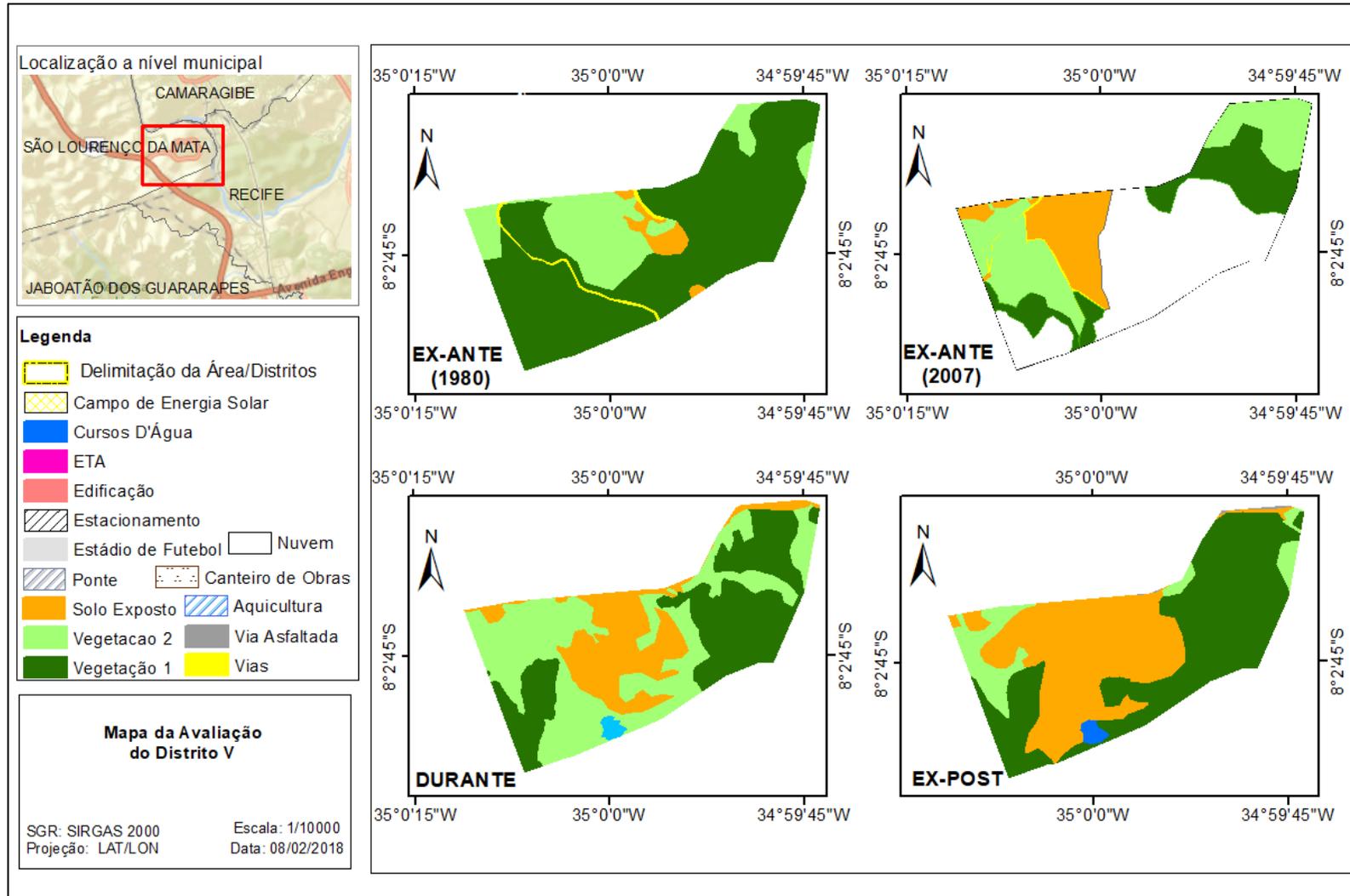
APÊNDICE H - AVALIAÇÃO DO DISTRITO III



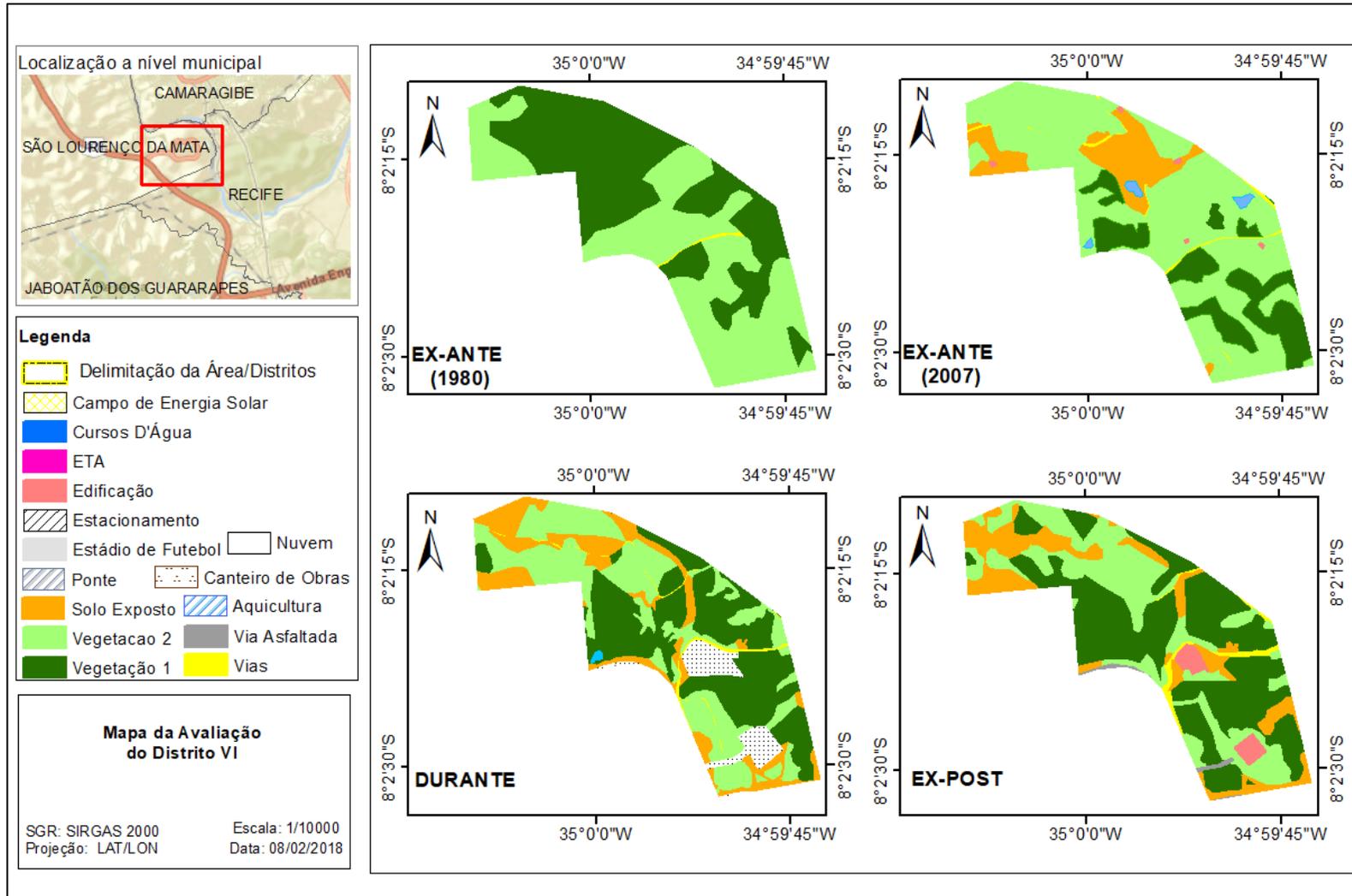
APÊNDICE I - AVALIAÇÃO DO DISTRITO IV



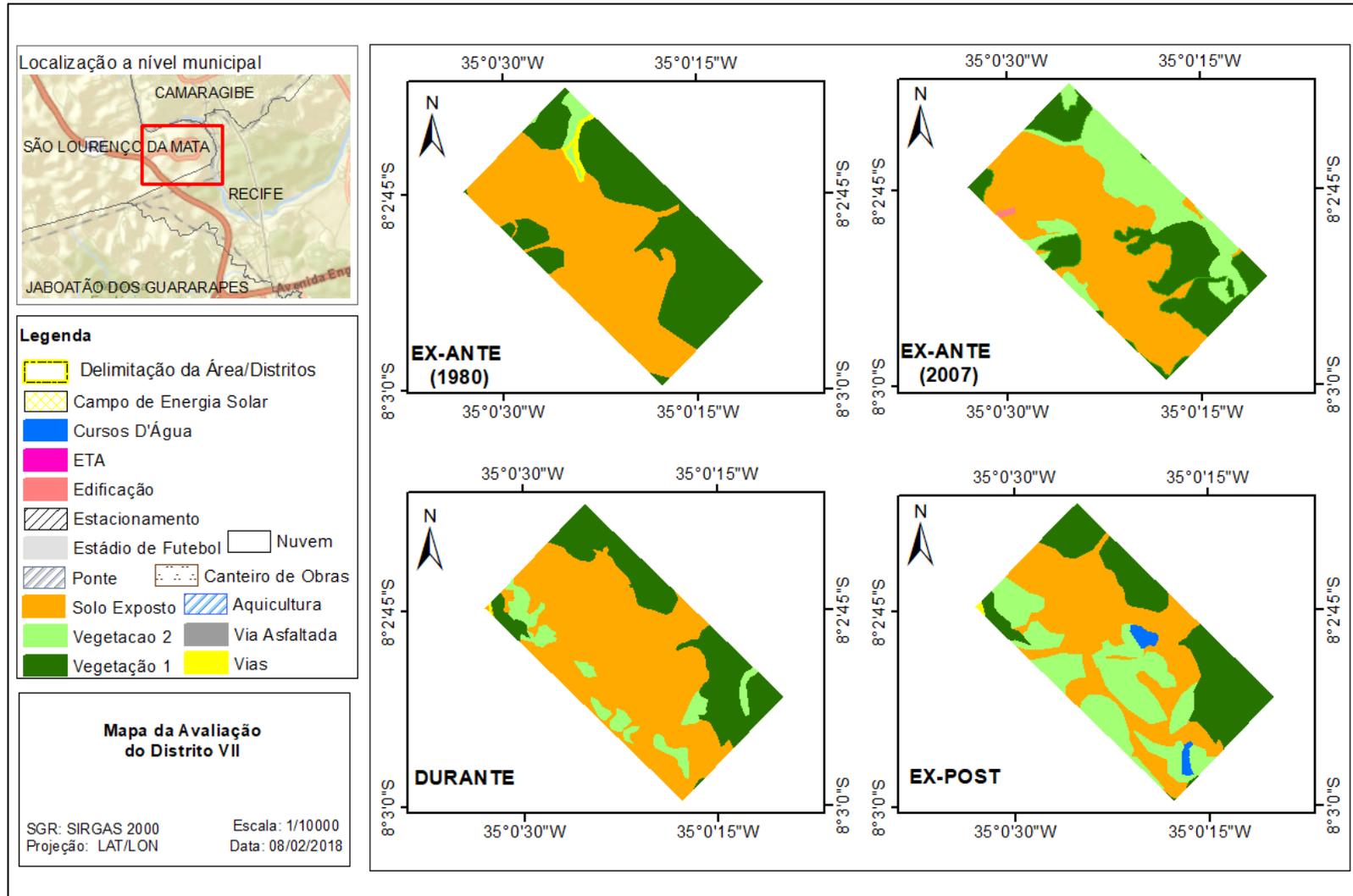
APÊNDICE J - AVALIAÇÃO DO DISTRITO V



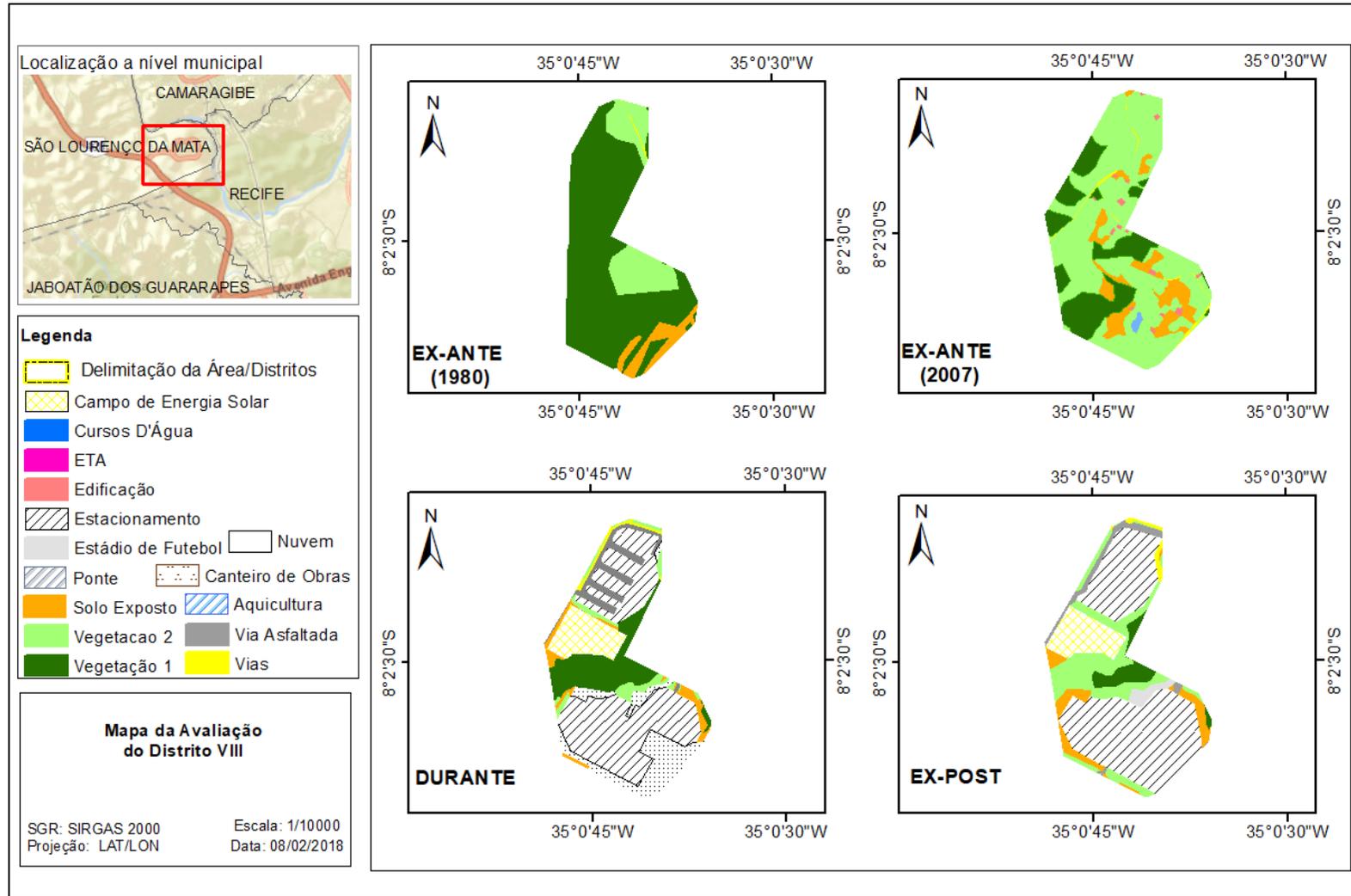
APÊNDICE K - AVALIAÇÃO DO DISTRITO VI



APÊNDICE L - AVALIAÇÃO DO DISTRITO VII

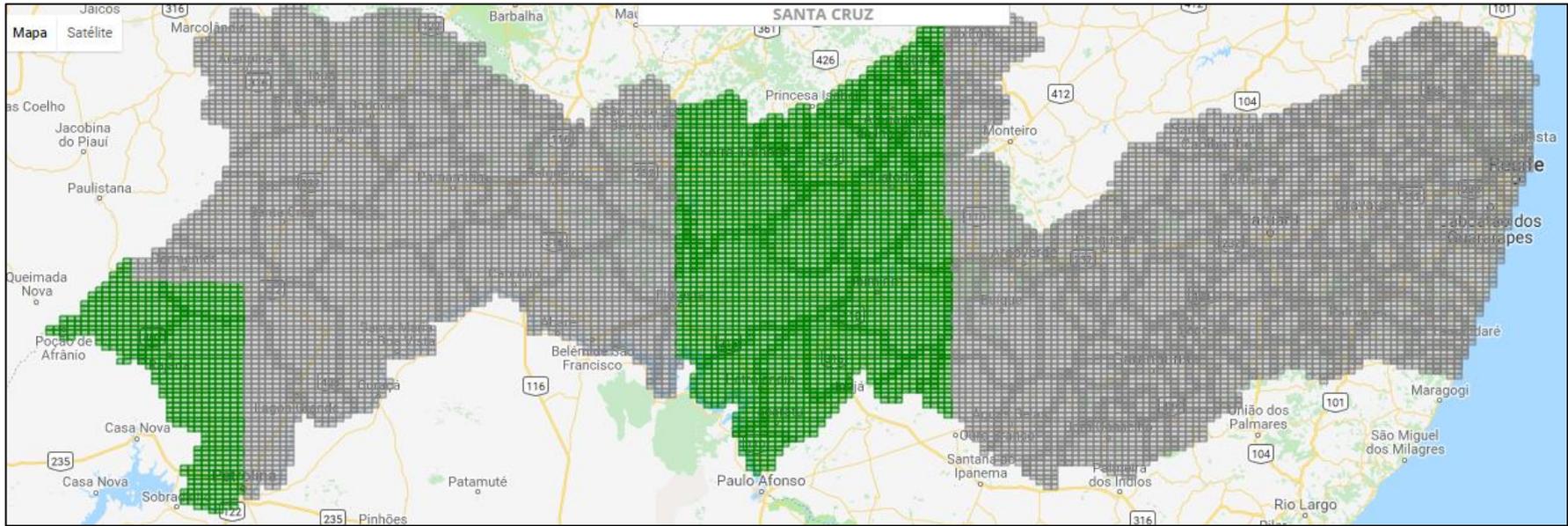


APÊNDICE M - AVALIAÇÃO DO DISTRITO VIII

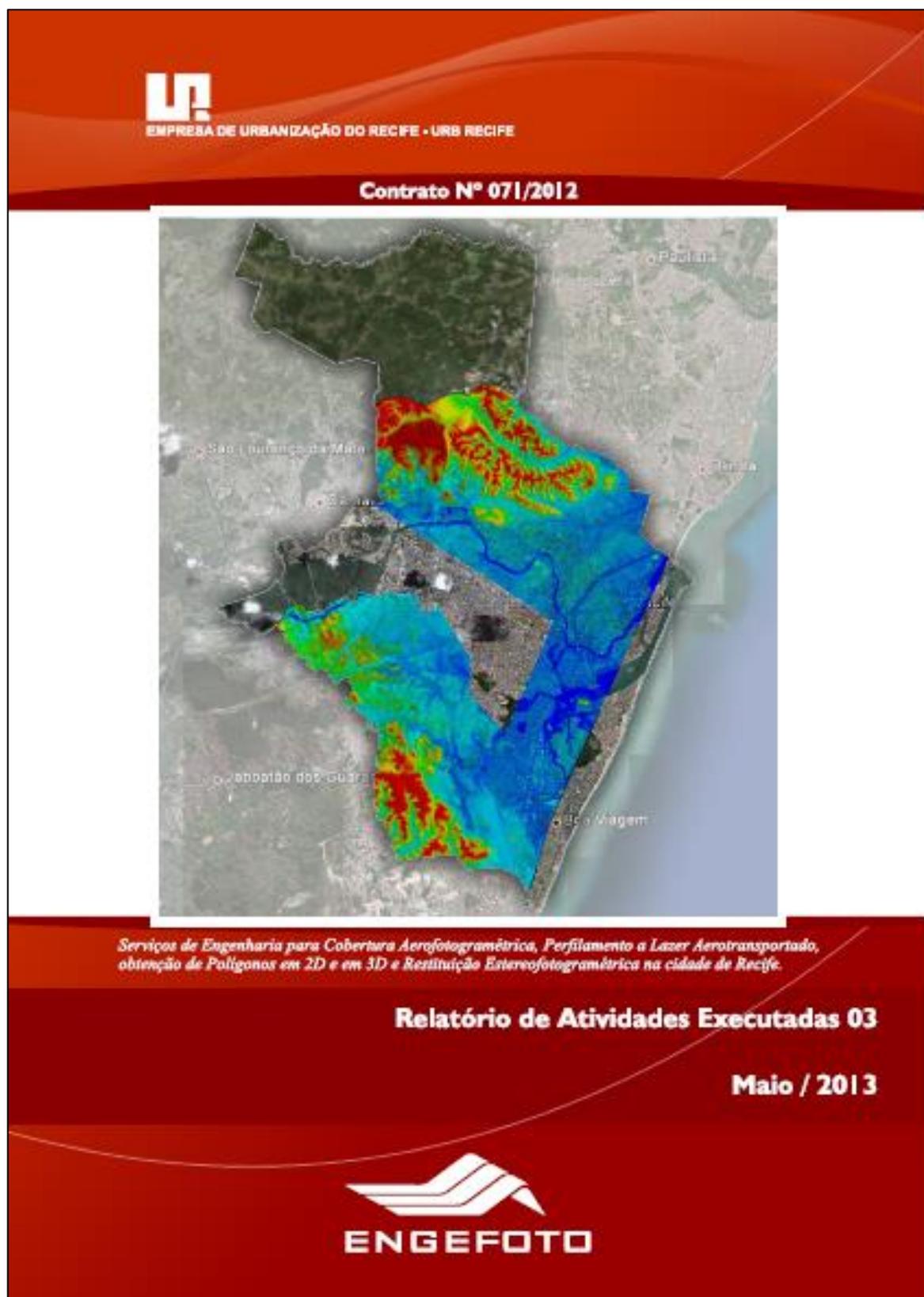


ANEXO A - COBERTURA DO QUICKBIRD DE 2007

ANEXO B - COBERTURA DO PE3D



ANEXO C - RELATÓRIO DE EXECUÇÃO DO VOO DE 2013



ANEXO D - FOTOGRAFIAS ÁREAS DE 1980 DE SÃO LOURENÇO DA MATA



