



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

LARISSA NASCIMENTO FANJAS DA SILVA

**USO DE AEROFOTOS DISPONÍVEIS EM ACERVOS PÚBLICOS: ALGUMAS
APLICAÇÕES A PARTIR DO ACERVO CPRM/DNPM**

ANANINDEUA, PA

2022

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE ANANINDEUA
FACULDADE DE TECNOLOGIA EM GEOPROCESSAMENTO

LARISSA NASCIMENTO FANJAS DA SILVA

**USO DE AEROFOTOS DISPONÍVEIS EM ACERVOS PÚBLICOS: ALGUMAS
APLICAÇÕES A PARTIR DO ACERVO CPRM/DNPM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Estêvão José da Silva Barbosa

ANANINDEUA, PA

2022

LARISSA NASCIMENTO FANJAS DA SILVA

**USO DE AEROFOTOS DISPONÍVEIS EM ACERVOS PÚBLICOS: ALGUMAS
APLICAÇÕES A PARTIR DO ACERVO CPRM/DNPM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado para obtenção do título de Tecnólogo em Geoprocessamento pela Faculdade de Tecnologia em Geoprocessamento da Universidade Federal do Pará, Campus Ananindeua.

Orientador: Prof. Dr. Estêvão José da Silva Barbosa

Data de Aprovação: 19/02/2022

Conceito: EXC (excelente)

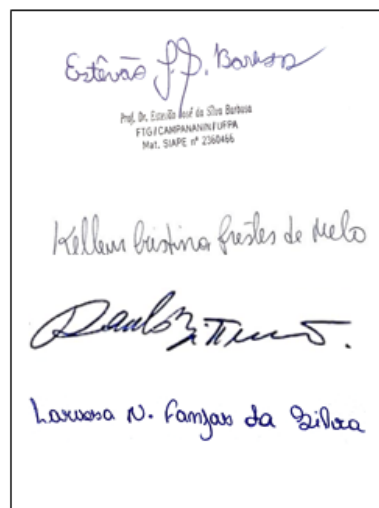
Ananindeua (PA), 19 de fevereiro de 2022

ESTÊVÃO JOSÉ DA SILVA BARBOSA
Presidente - Orientador - (UFPA)

KELLEM CRISTINA PRESTES DE MELO
Primeiro Examinador - (UFPA)

PAULO CELSO SANTIAGO BITTENCOURT
Segundo Examinador - (UFPA)

LARISSA NASCIMENTO FANJAS DA SILVA
Discente



Em memória de minha querida avó, que sempre esteve ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, pelo seu amor, por ter me proporcionado a vida e por ter trilhado um belo caminho para eu seguir.

A minha avó Arlete que, enquanto em vida, sempre esteve ao meu lado me apoiando incondicionalmente e sempre acreditando no meu potencial.

Aos meus Pais, Silvana e Arimateia, pelos ensinamentos e amor que recebi ao longo destes anos.

Ao meu noivo Matheus, que me motivou a continuar quando passei pelo momento mais difícil da minha vida, por toda ajuda, pela paciência, amor e cuidado.

A minha tia Arlene, que sempre colaborou com meus estudos, me dando suporte e orientações

Ao meu orientador Prof. Dr. Estevão Barbosa, que me orientou e dedicou seu tempo para retirar minhas incontáveis dúvidas. Serei grata eternamente por todo conhecimento adquirido e pelas inúmeras contribuições.

Aos meus colegas de curso que construí amizades, agradeço as risadas e conhecimentos compartilhados. Em especial Ana, Marlon, Raquel e José Alessandro.

Ao meu primo Diego, por ter me apresentado o curso de Tecnologia em Geoprocessamento.

A todos os professores do curso que proporcionaram uma gama de conhecimentos.

Atenciosamente,

Larissa Fanjas.

O êxito da vida não se mede pelo caminho que você conquistou, mas sim pelas dificuldades que superou no caminho.

(Abraham Lincoln)

RESUMO

A aerofotogrametria vem sendo utilizada a mais de um século por pesquisadores que encontram dificuldades em realizar levantamentos em áreas de difícil acesso, tendo um grande destaque na arqueologia, engenharia ambiental, ecologia, silvicultura, geografia, meteorologia, inteligência militar, gestão de recursos naturais, oceanografia, solo e planejamento urbano e regional. Na Amazônia, e especificamente no Estado do Pará, Brasil, é possível encontrar diversas empresas privadas e instituições governamentais que utilizam a aerofotogrametria para obtenção de imagens nas quais consiga captar as informações de uma determinada área. Ademais, alguns acervos de aerofotos, inclusive, encontram-se disponíveis para uso gratuitamente, como por exemplo o acervo de aerofotos das décadas de 1960 e 1970 do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), que de acordo com o mesmo, estas décadas possuem um amplo recobrimento no estado do Pará devido ao projeto RADAM que realizava coleta de dados sobre recursos minerais, solos, uso da terra e cartografia na Amazônia. Dessa forma, o presente trabalho, tem como objetivo mostrar as possíveis aplicações das fotografias aéreas disponibilizadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral nos anos de 1960 e 1978 em consonância com uma imagem atualizada através do satélite CBERS 04A, disponível gratuitamente no catálogo de imagens do INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, e em seguida realizar a fotointerpretação das imagens e elaborar os produtos cartográficos. Por intermédio do método da fotointerpretação destas aerofotos foi possível realizar análises multitemporais da expansão urbana e uso e cobertura da terra, aplicando o método de chaves de interpretação, sendo esta de caráter intrínseco direto para facilitar a identificação dos objetos imageados de forma rápida e precisa. Com base nos resultados, foi possível identificar uma mudança nas características da área de estudo entre os anos de 1960, 1978 e 2021, ocasionado pelas intervenções humanas. Ademais, em relação a cobertura vegetal, foi possível observar a diminuição da floresta ombrófila, devido à degradação da vegetação, o que evidencia um significativo desmatamento na área. A expansão da área urbana também foi um fator notável, aumentando expressivamente no decorrer dos anos.

Palavras-chave: Fotointerpretação; imagens aéreas; acervos gratuitos.

ABSTRACT

Aerophotogrammetry has been used for more than a century by researchers who find it difficult to carry out surveys in areas of difficult access, with a great emphasis on archeology, environmental engineering, ecology, forestry, geography, meteorology, military intelligence, natural resources management, oceanography, soil and urban and regional planning. In the Amazon, and specifically in the State of Pará, Brazil, it is possible to find several private companies and government institutions that use aerial photogrammetry to obtain images in which they can capture information from a certain area. In addition, some aerial photo collections are even available for use free of charge, such as the collection of aerial photos from the 1960s and 1970s of the National Department of Mineral Production (DNPM), which according to the same, these decades have a wide coverage in the state of Pará due to the RADAM project that carried out data collection on mineral resources, soils, land use and cartography in the Amazon. Thus, the present work aims to show the possible applications of aerial photographs made available by the National Department of Mineral Production in the 1960s and 1978 in line with an updated image through the CBERS 04A satellite, available free of charge in the INPE image catalog. – National Institute for Space Research, and then carry out the photointerpretation of the images and develop the cartographic products. Through the method of photointerpretation of these aerial photos, it was possible to carry out multitemporal analyzes of urban expansion and land use and cover, applying the method of interpretation keys, which is of direct intrinsic character to facilitate the identification of the imaged objects quickly and accurately. Based on the results, it was possible to identify a change in the characteristics of the study area between the years 1960, 1978 and 2021, caused by human interventions. Furthermore, in relation to vegetation cover, it was possible to observe the decrease of the ombrophilous forest, due to the degradation of the vegetation, which shows a significant deforestation in the area. The expansion of the urban area was also a notable factor, increasing significantly over the years.

Key-words: Photointerpretation; aerial photos; free archives.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Sobreposição Lateral	19
Figura 2 – Sobreposição Longitudinal.....	20
Figura 3: Fotoíndice 0336, área 6 Cupim-Gurupi.....	21
Figura 4 - a) Fotografia aérea vertical.....	22
Figura 5 - a) Fotografia aérea oblíqua-baixa	23
Figura 6 - a) Fotografia aérea oblíqua-alta	23
Figura 7- Mapa da fotografia aérea da área de estudo em 1960.....	31
Figura 8 – Fotografia aérea da área de estudo em 1978.	33
Figura 9 – Área útil da área estudada em 1960.	34
Figura 10 – Recorte da área útil, localizada em Marabá (PA), em 1978.....	34
Figura 11 – Fotointerpretação do uso e cobertura da terra da área de estudo em 1960.	38
Figura 12 – Uso e cobertura da terra da área de estudo em 2021.....	40
Figura 13 – Crescimento da área urbana nos anos de 1960, 1978 e 2021.	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Chave de interpretação das feições de uso e cobertura da terra da área de estudo	36
Tabela 2 – Quantificação das classes de uso e cobertura da terra em 1960.....	39
Tabela 3 – Quantificação uso e cobertura da terra em 2021	40
Tabela 4- Quantificação da área urbana em relação a área útil do estudo.....	45

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Comparativo do uso e cobertura da terra em 1960 e 2021.....	41
Gráfico 2 - Expansão urbana de Marabá (PA), nos anos de 1960, 1978 e 2021.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	15
2.1. Levantamento bibliográfico	15
2.2. Pesquisa sobre acervos aerofotogramétricos.....	15
2.3. Identificação de instituições e empresas em atuação.....	16
2.4. Princípios da aerofotogrametria.....	16
2.4.1 Diferença para imagens orbitais	16
2.4.2 Tipos de filmes	17
2.4.3 Distância focal (f)	18
2.4.4 Taxas de sobreposição lateral e longitudinal.....	19
2.4.5 Fotoíndices	20
2.5. Fotointerpretação.....	24
2.5.1 Forma.....	26
2.5.2 Sombra.....	26
2.5.3 Tamanho	26
2.5.4 Tonalidade	26
2.5.5 Densidade	27
2.5.6 Declividade.....	27
2.5.7 Textura.....	27
2.5.8 Posição.....	27
2.5.9 Adjacências.....	27
3 FOTOGRAFIAS AÉREAS/ IMAGENS AÉREAS NO ESTADO DO PARÁ.....	28
3.1. Breve histórico do levantamento aerofotogramétrico no Brasil e no Pará	28
3.2. Instituições públicas em atuações	28
3.3. Empresas em atuação	29
4 APLICAÇÕES DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS DNPM: ALGUNS EXEMPLOS	30
4.1. Uso e Cobertura da terra	35
4.2. Expansão urbana	42
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	47
REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

A discussão sobre o conceito de fotogrametria consolidou-se em meados da década de 1960, sendo definida pela American Society of Photogrammetry (asprs) como “a ciência ou arte de obter dados confiáveis e medições por meio de fotografia” (MILLER, 1957). Porém com o surgimento de novos sensores, decorrentes do avanço da tecnologia e da ciência, a fotogrametria recebeu uma definição mais abrangente, referindo a “arte, ciência e tecnologia de obtenção confiável de informações sobre objetos físicos e o meio ambiente, por meio de o processo de registro, medição e interpretação de imagens e representações digitais de padrões de energia derivados de sistema de sensor de contato” (ASPRS, 2022). Ou seja, através desta definição a fotogrametria passou a abranger tantos aspectos quantitativos (métricos) quanto aspectos qualitativos (interpretativos). Ademais, outros termos podem também ser abrangidos por esta definição, no sentido de uma subdivisão da fotogrametria, por exemplo: a aerofotogrametria, a fotogrametria terrestre, a fotogrametria espacial e a fotogrametria a curta distância (TOMMASELLI, 2009).

A fotografia começou a ser utilizada para fins cartográficos no século XIX, através do oficial do exército francês Aimé Laussedat (1819-1907), que foi considerado o “pai” da Fotogrametria, realizando desde 1848 levantamentos topográficos utilizando um método conhecido como o “princípio da câmara clara”, o qual consiste no desenho de vistas geometricamente exatas. Laussedat que desenvolveu, também, o método das intersecções para elaboração de plantas a partir de uma fotografia (ESPARTEL, 1987).

Entretanto, o responsável por patentear a ideia de utilizar fotografias aéreas (ou aerofotos) para mapeamento foi Gaspard Felix Tournachon (1820-1910), sobrevoando em 1858 a cidade de Petit-Bicêtre localizada na comuna francesa Brie-Comte-Robert, registrando as primeiras fotografias aéreas inclinadas com auxílio de um balão a 80 metros de altura. (SLAMA, 1980 apud SILVA, 2015).

Em território brasileiro, de acordo com Silva (2015), o ano de 1906 foi marcado por um importante avanço para os aerolevantamentos, tendo em vista que com a construção do avião *Oiseau de Proie* (14-Bis) surgiu a oportunidade de adquirir imagens aéreas mais extensas em relação às que se conseguia através de um balão. A aerofotogrametria iniciou sendo utilizada principalmente para fins militares, destacando-se a Primeira Guerra Mundial, quando as imagens obtidas eram utilizadas principalmente para reconhecimento de áreas.

Enquanto no século XX o uso de aviões predominou a aerofotogrametria para fins de mapeamento, no século XXI houve uma rápida evolução nas tecnologias de obtenção de imagens aéreas a partir da popularização de aeronaves não tripuladas (*drones*), com sensores aprimorados e facilidade de manuseio (IPOG, 2019).

No que diz respeito à importância da aerofotogrametria como técnica de mapeamento vale ressaltar, conforme foi destacado por Linder (2009), que ela se coloca a partir da necessidade de mensurar coordenadas, áreas, distâncias ou volumes cujas medições não podem ser efetuadas diretamente na área de estudo. Para áreas distantes e/ou de difícil acesso por via terrestre, muitas vezes a aerofotogrametria, e hoje também os produtos de satélites orbitais, são a única maneira possível para se capturar imagens da superfície e gerar os produtos cartográficos, como uma técnica alternativa e complementar aos trabalhos de campo.

Entretanto, os aerolevantamentos realizados por meio de drones nem sempre são recomendados, especialmente para cobrir áreas extensas e superfícies aquáticas; e seu custo, definido pelas funcionalidades e sensores que o equipamento possui, pode não ser viável para instituições e agentes que demandam o uso de aerofotos.

Atualmente na Amazônia, e especificamente no Estado do Pará, Brasil, é possível encontrar diversas empresas privadas, profissionais autônomos e instituições governamentais que utilizam a aerofotogrametria para obtenção de imagens nas quais seja possível captar as informações de uma determinada área. Alguns acervos de aerofotos, inclusive, encontram-se disponíveis para uso gratuitamente, como por exemplo o acervo de aerofotos das décadas de 1960 e 1970 do Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), que de acordo com o mesmo, estas décadas possuem um amplo recobrimento no estado do Pará devido ao projeto RADAM que realizava coleta de dados sobre recursos minerais, solos, uso da terra e cartografia na Amazônia.

Atualmente estes dados são disponibilizados pelo Serviço Geológico do Brasil/Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) – Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), que mesmo sendo muito úteis em realização de análises multitemporais, são pouco utilizadas.

No presente estudo, portanto, parte-se de uma pesquisa com foco em metodologias sobre as fotografias aéreas registradas pelo DNPM nas décadas de 1960 e 1970 que, além do inestimável valor histórico, podem ser utilizadas em áreas que não possuem levantamentos

mais recentes, dentro de certas aplicações; servindo, também, como um material complementar aos produtos mais recentes de Sensoriamento Remoto (SR), por exemplo na realização de análises multitemporais. Outrossim, este trabalho poderá ser utilizado como material complementar de pesquisas voltadas para aerolevanteamento, pois contém informações a respeito de como interpretar uma fotografia aérea e a aplicação dos princípios fotogramétricos.

Busca-se, com esse estudo, demonstrar algumas possibilidades de realizar obtenção de informações e análises a partir do uso de aerofotos do acervo da CPRM/DNPM. Possuindo como objetivos específicos:

- Realizar análises multitemporais a partir do método da fotointerpretação
- Elaborar produtos cartográficos a partir das fotografias aéreas do CPRM/DNPM.

Neste âmbito, este trabalho inicia com uma revisão das definições básicas que deram início ao levantamento de dados; do surgimento da fotogrametria e aerofotogrametria em consonância com sua chegada ao Brasil; e apresentação dos princípios da aerofotogrametria e das técnicas para se realizar a fotointerpretação. A seguir, faz-se um levantamento dos desenvolvedores de aerofotos e dos acervos de aerofotos disponíveis para interesse de áreas no Estado do Pará, com destaque para o material disponibilizado pelo CPRM/DNPM, e suas possíveis aplicações para fotointerpretação do uso e cobertura da terra e expansão urbana.

2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A metodologia aplicada ao trabalho se deu através do levantamento bibliográfico sobre a temática em questão; levantamento documental de aerofotos cobrindo áreas no estado do Pará, com destaque para o acervo disponibilizado pelo CPRM/DNPM; identificação das instituições e empresas em atuação na área da aerofotogrametria no estado; e, por fim, elaboração de produtos cartográficos, no *software* livre QGIS versão 3.16.11, a partir de fotointerpretação. O detalhamento dos procedimentos metodológicos utilizados no presente trabalho é feito a seguir.

2.1. Levantamento bibliográfico

No que se refere à busca de referências sobre o desenvolvimento da aerofotogrametria, seus princípios básicos e sua difusão no território brasileiro, assim como sobre as técnicas de fotointerpretação, realizada nos períodos de novembro e dezembro de 2021, foram utilizadas informações encontradas em artigos, *e-books* (livros em formato digital) e livros, acessíveis na internet e em acervos físicos (bibliotecas). A maior parte das referências, neste sentido, foi obtida das plataformas Google Acadêmico e Google Books, e da Biblioteca Central (BC) da Universidade Federal do Pará (UFPA).

2.2. Pesquisa sobre acervos aerofotogramétricos

A busca de acervos aerofotogramétricos seguiu tanto as indicações encontradas na bibliografia consultada, como recomendações de profissionais da área. Foram localizados os seguintes acervos: Serviço Geológico do Brasil (CPRM) – Biblioteca Virtual e mapoteca da Unidade Regional Belém (PA); Mapoteca da Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia (Sudam); acervos virtual e físico do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), este último localizados na cidade do Rio de Janeiro (RJ); biblioteca do Instituto de Geociências (IG) da UFPA; acervo do Laboratório de Análise da Informação Geográfica (LAIG) da UFPA – Faculdade de Geografia e Cartografia; e o National Archive – USA (Estados Unidos). Ainda que não contenham aerofotos com áreas no estado do Pará, vale mencionar a existência de outros acervos importantes, a saber: Gestão Urbana em São Paulo (SP), Instituto Geográfico e Cartográfico – IGC (SP), Geobases do estado do Espírito Santo, Sistema de Informação Geográfica de Santa Catarina (SIGSC), e o acervo de imagens aéreas

da USGS – Earth Explorer, Companhia de Habitação Popular (COHAB), Laboratório de Fotogrametria e Aerolevantamentos – UFRA.

2.3. Identificação de instituições e empresas em atuação

As fontes de busca neste item foram, sobretudo, a internet, instituições apontadas na bibliografia consultada, e novamente indicações dos profissionais da área¹. Segundo a publicação do Ministério da Defesa (2021), consultada em seu sítio virtual em 15 de janeiro de 2022, estabelecemos um recorte de pesquisa considerando todas aquelas entidades executantes de aerolevanteamento classificadas na categoria “A”, ou seja, entidades que realizam todas as fases do aerolevanteamento.

2.4. Princípios da aerofotogrametria

As aerofotos, vem sendo utilizadas a mais de um século especialmente na arqueologia e por pesquisadores que encontram dificuldades para acessar a pé algum tipo de paisagem, sendo assim, as fotografias aéreas auxiliam nos mapeamentos e estudos de determinada área.

Outrossim, através do número de lentes e câmeras existentes é possível classificar o tipo de fotografia, tais quais como Trimetrogon que utiliza três câmeras, uma vertical e duas oblíquas; Multiespectral, é possível capturar imagens com quatro bandas do espectro eletromagnético por meio de uma câmera modificadas; Convergente simétrica, as aerofotos são capturadas por duas câmeras oblíquas, no sentido da linha do voo; Convergente assimétrica, método conhecido como câmeras duplas, sendo uma vertical e uma oblíqua; e Fotografia convergente transversal, assemelha-se a fotografia convergente simétrica, porém a inclinação do eixo da câmera que é perpendicular a linha do voo (PAREDES,1987).

1.1.1 Diferença para imagens orbitais

A obtenção de dados remotos da superfície terrestre por meio de imagens orbitais é considerada um grande avanço na fotogrametria, destacando uma divergência entre as imagens orbitais e as fotografias aéreas.

¹ Prof. Estêvão Barbosa (FTG-UFPA), Geógrafo Mário Ivan (IBGE), Profa. Luziane Luz (FCG-UFPA), Geógrafo Alisson Castro (Embrapa), Bibliotecária Nelma Ribeiro (CPRM), Bibliotecária Lucia de Souza (IG-UFPA), Jose Alessandro Belém Pimentel (Ex-estagiário do IBGE), Prof. Arthur Ferreira (FTG-UFPA).

Além de possuir uma cobertura espacial menor, as fotos aéreas possuem uma diversidade de acervos gratuitos, alguns disponíveis na internet, seu custo, caso não seja gratuita, também está interligado a escala das imagens, ou seja, se a área fotografada desejada for menor conseqüentemente seu custo de aquisição também será mais econômico. Ademais, estas aerofotos possuem uma facilidade na interpretação, representação tridimensional e visão panorâmica devido a existência das fotos oblíquas (PAREDES, 1987).

Não obstante, as imagens orbitais são em formato digital e normalmente necessitam de computadores para que possam ser interpretadas e analisadas, possuem uma cobertura espacial e temporal é maior do que as imagens aéreas, possibilidade de combinação multiespectrais e facilidade no acesso. A aquisição destas imagens pode ser configurada de três maneiras, as gratuitas e as econômicas que possuem uma baixa/média resolução e as com o preço mais elevado, que por sua vez detém uma resolução. (ESA, 2015)

1.1.2 Tipos de filmes

Segundo Jensen (2009), as câmeras utilizadas nas fotografias aéreas possuem filmes desenvolvidos para obter imagens de alta qualidade, em que os objetos fotografados aparecessem como se a aeronave estivesse parada, mesmo em uma velocidade elevada, como por exemplo uma velocidade superior a 300km/h.

Os filmes aéreos existentes possuem uma cobertura espectral variando do ultra-violeta até o infra-vermelho. Dentre esta variação é possível encontrar filmes aéreos em preto e branco, colorido e infra-vermelho:

- Filme aéreo preto e branco: é o mais utilizado devido a seu baixo custo e pela sua resposta na variação dos tons de cinza que são esperados e reconhecidos pelo homem, conforme citado por Jensen (2009, p. 113), “[...] a água aparece escura, areia aparece branca, o concreto aparece cinza, as nuvens aparecem brancas”.
- Filme aéreo colorido: Apresentam uma facilidade na identificação dos objetos fotografados, devido a representação dos elementos em sua coloração natural e a riqueza em detalhes, como por exemplo a identificação de uma piscina em um ambiente urbano (SPOHR, 2009).

- Filme aéreo infra-vermelho: De acordo com Spohr (2009), este filme aéreo possui sensibilidade a três comprimentos de onda, sendo estes o verde (500 nm até 575 nm), vermelho (575 nm até 675 nm) e próximo do infra-vermelho (675 nm até 900 nm). O filme do infra-vermelho necessita de um filtro amarelo, devido a sensibilidade a luz azul que este filme possui. Ademais, o mesmo detém uma melhor penetração na névoa atmosférica, em relação ao filme aéreo colorido, realçando a representação de alguns objetos na imagem aérea, tal como o delineado de hidrografia e vegetação.

1.1.3 Distância focal (f)

É conhecido como distância focal (f), a distância entre o ponto nodal traseiro da objetiva, elemento ótico que foca e orienta a luz no filme, e o plano do filme quando a câmera está posicionada para focar no infinito, portanto, considera-se inversamente proporcional pois quanto maior for a distância focal, menor será o campo de visão obtido e quanto menor a distância focal, o campo de visão se tornará maior (JENSEN, 2008).

As distâncias focais de algumas objetivas utilizadas para levantamentos aerofotográficos são: 88 mm (3,5"), 152 mm (6"), 210 mm (8,25") e 305 mm (12*). As objetivas com 200m têm uma distância focal variável. Já a maioria das câmeras aéreas métricas tem uma distância focal fixa, tal como 152 mm (6"). Distâncias focais maiores, tal como as objetivas de 305 mm (12") são especialmente indicadas para obtenção de fotografia aérea em altas altitudes. Operações de reconhecimento fotográfico militar comumente empregam objetivas de 915 mm (3") a 1830 mm (6") para obter fotografias com detalhes a partir de altas altitudes ou para adquirir fotografias oblíquas de áreas além fronteiras. (JENSEN, 2009, p. 97).

Sendo assim, a distância focal (f) é responsável por definir o campo ou ângulo de visão, de acordo com maior ou menor aproximação do fotógrafo/câmera em relação ao objeto fotografado. De acordo com o ângulo formado, propriedade medida diagonalmente em relação ao formato da câmera, a fotografia pode ser definida como ângulo pequeno, ângulo normal, grande-angular e super-grande-angular (JENSEN, 2009)

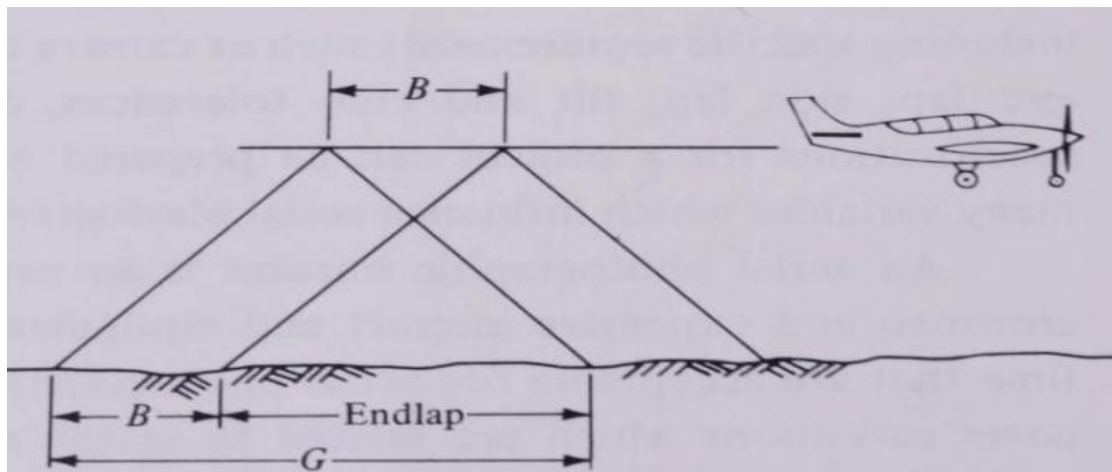
- Ângulo pequeno: É muito utilizada para fins militares no reconhecimento de áreas e elaboração de mosaicos, pois detém um ângulo de campo, inferior a 50°.

- Ângulo normal: Devido a sua relação favorável entre a aero base e a altura de voo e sua precisão planialtimétrica, o ângulo de campo normal, encontrado no intervalo de 50° a 75° , possui utilidade no mapeamento de cidades.
- Grande-angular: O ângulo de campo está entre 75° a 100° , sendo esta a mais utilizada na fotogrametria e fotointerpretação.
- Super-grande-angular: No quesito econômico, a fotografia super-grande-angular é a que permite maior economia no processo fotogramétrico para a elaboração de mapas, em consequência de possuir um ângulo de campo superior a 100° .

1.1.4 Taxas de sobreposição lateral e longitudinal

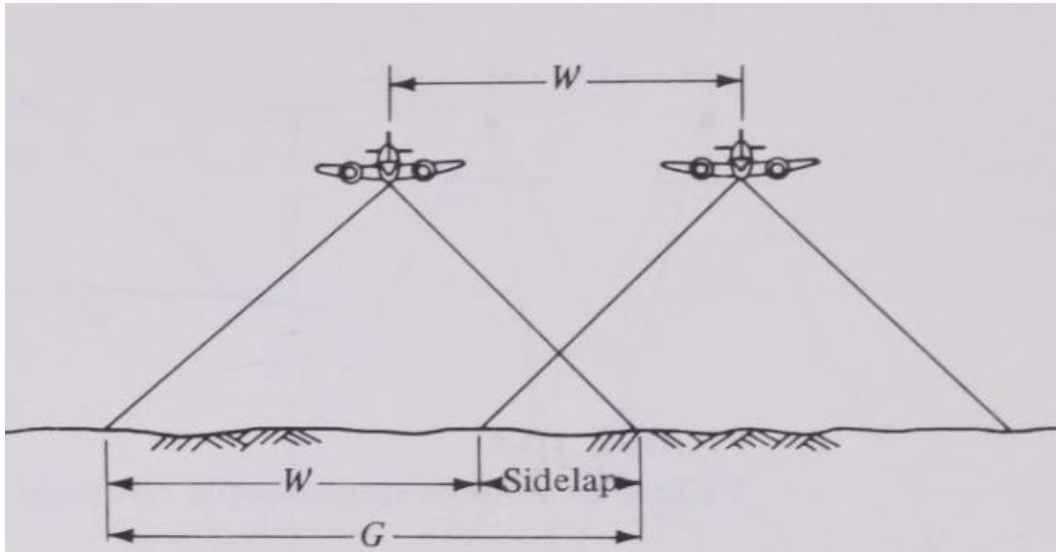
A sobreposição lateral de uma fotografia, possui uma superposição entre faixas de voo que varia de 20% a 40% (Figura 1), enquanto a sobreposição longitudinal é programada para fornecer uma superposição de aproximadamente 60% (Figura 2), permitindo a obtenção da estereoscopia(3D) quando duas fotografias de recobrimento longitudinal são utilizadas em um estereoscópio (SPOHR, 2009).

Figura 1 – Sobreposição Lateral



Fonte: Wolf, 1974

Figura 2 – Sobreposição Longitudinal



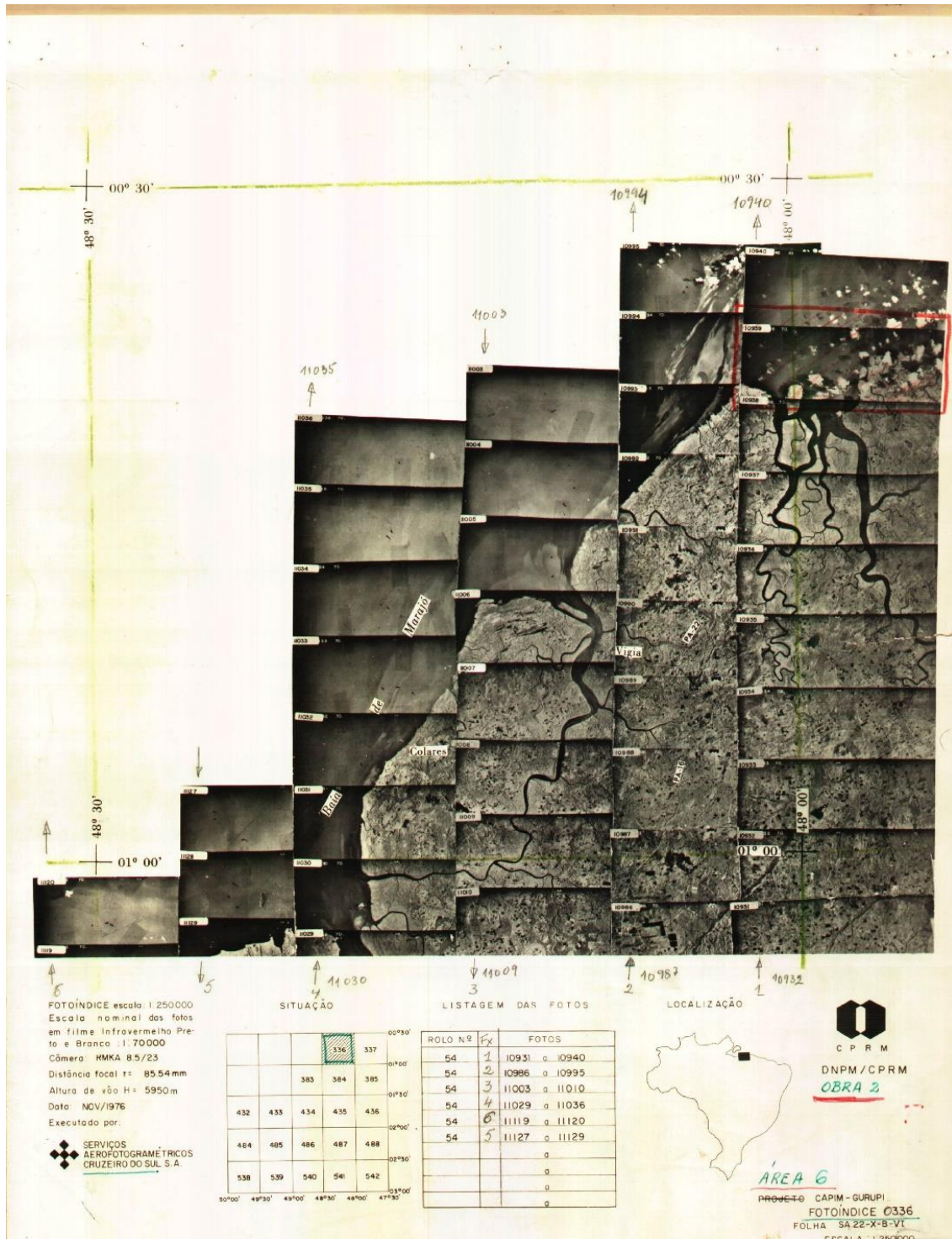
Fonte: Wolf, 1974

1.1.5 Fotoíndices

Para Almeida e Oliveira (2010), o fotoíndice pode ser considerado como um mosaico no qual os recobrimentos laterais e longitudinais, geralmente em uma escala reduzida, estão sobrepostos formando uma fotografia, ou seja, um conjunto de fotografia aéreas sobrepostas através dos detalhes que tem em comum (Figura 3). A visualização do conjunto fotografado, identificação das fotografias e faixas de vôo é realizado através dos seus códigos.

O mosaico pode ser controlado ou não-controlado, no primeiro a união das fotografias é realizada através do controle de coordenadas geográficas, possuindo a escala mais próxima do real. Outrossim, no mosaico não-controlado é considerado um produto final mais distorcido, já que não se utiliza a indicação de coordenadas para que a montagem das fotografias seja realizada (ALMEIDA; OLIVEIRA, 2010).

Figura 3: Fotoíndice 0336, área 6 Cupim-Gurupi.



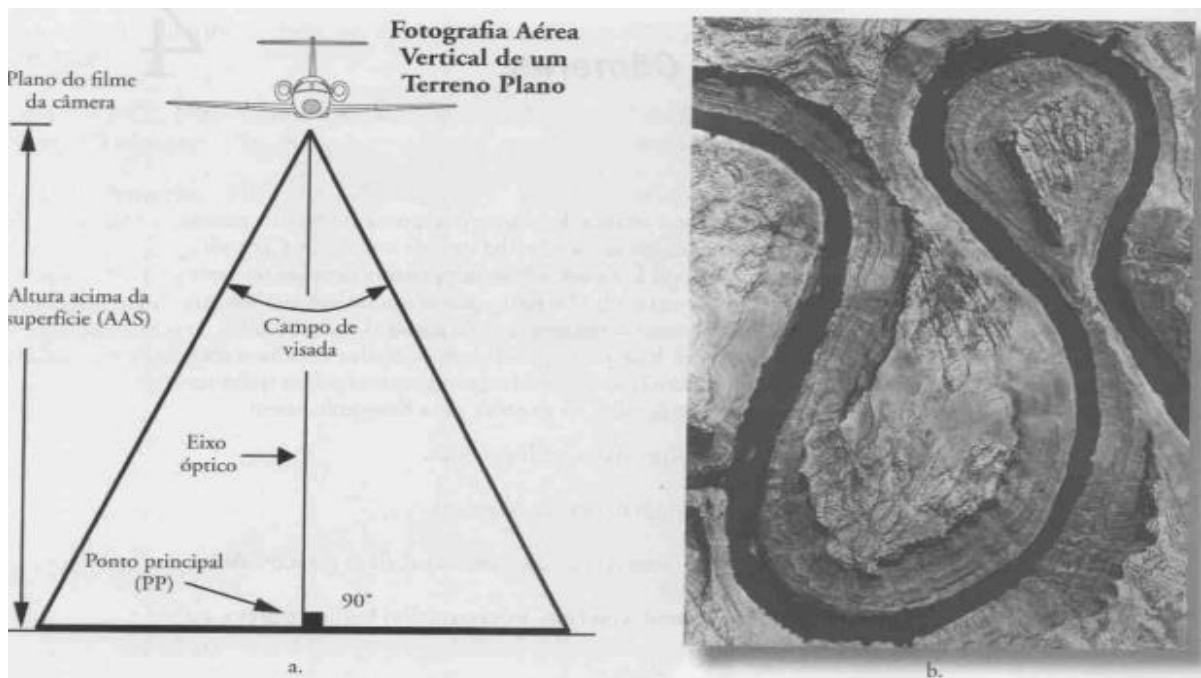
Fonte: CPRM, 1976.

Segundo Paredes (1987), a aerofotogrametria é configurada como a fotografia da superfície terrestre, capturada por uma aeronave com o eixo ótico da câmera na posição

vertical. De acordo com a posição em que o eixo ótico da câmera se encontra, a fotografia aérea 0(aerofoto) pode ser caracterizada como vertical, oblíqua baixa e oblíqua alta.

Fotografia aérea vertical: Nas fotografias aéreas verticais o eixo ótico da câmera é mantido na vertical, sendo considerado fotografias aéreas verticais imagens com até 3° de inclinação, pois em função da instabilidade da plataforma (avião, balão, drone etc.) nem sempre é possível se obter uma verticalidade absoluta (Figura 4).

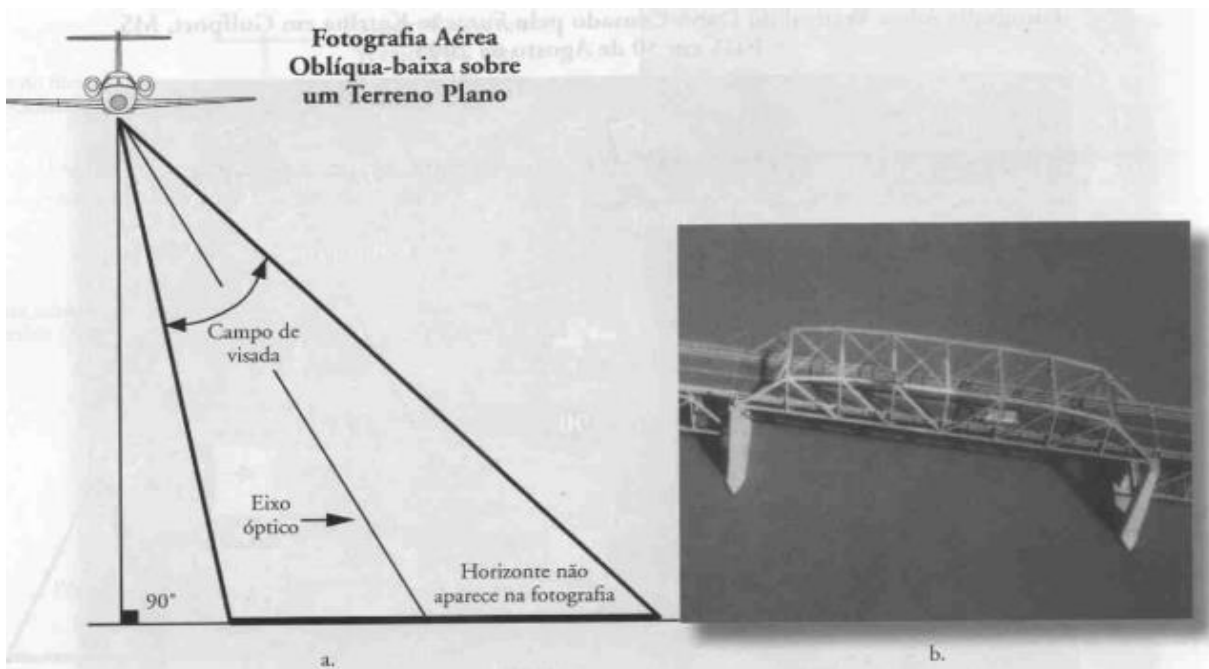
Figura 4 - Fotografia aérea vertical



Fonte: Jensen, 2009.

Fotografia aérea oblíqua-baixa: Na aerofoto oblíqua baixa, é possível notar uma pequena inclinação do eixo ótico da câmera em relação a linha vertical, sendo assim, não será possível visualizar o horizonte na fotografia aérea (Figura 5).

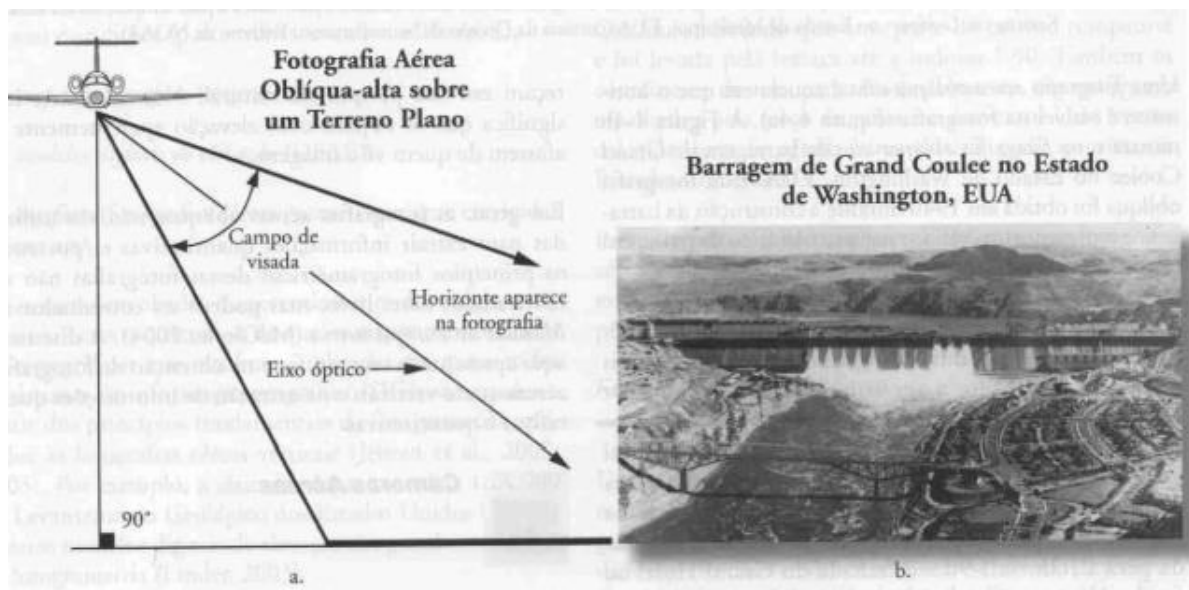
Figura 5 - Fotografia aérea oblíqua-baixa



Fonte: Jensen, 2009.

Fotografia aérea oblíqua alta: As imagens aéreas classificadas com oblíqua alta apresentam um grande desvio do eixo óptico da câmera em relação a linha vertical, possuindo uma perspectiva semelhante a uma fotografia panorâmica capturada de uma alta elevação, dessa forma, nesta fotografia aparecerá o horizonte (Figura 6).

Figura 6 - Fotografia aérea oblíqua-alta



Fonte: Jensen, 2009.

2.5. Fotointerpretação

O ato de examinar sistematicamente as fotografias aéreas é realizado por um intérprete fotográfico, com o propósito de identificar elementos da imagem e avaliar seus significados. A técnica da fotointerpretação vem sendo aplicada com êxito em diversas áreas de estudos e pesquisas, tais como agricultura, arqueologia, engenharia ambiental, ecologia, silvicultura, geografia, meteorologia, inteligência militar, gestão de recursos naturais, oceanografia, solo e planejamento urbano e regional (WOLF, 1974).

Loch (2008) declara que a fotointerpretação pode ser definida como a possibilidade de prever o que pode ser visualizado em uma fotografia. Summerson apud Loch (2008, p. 11). “isto pode ser explicado: quando não se pode caracterizar um objeto diretamente na imagem, precisando apoiar-se em dados conhecidos, para extrair ou deduzir o que representa o objeto em questão”. Em suma, os levantamentos realizados por fotografias aéreas viabilizam a análise da superfície representada através de uma imagem, sendo essa de fundamental importância para o fotointerprete. Para se analisar uma imagem pode-se utilizar técnicas para obter a informação desejada, sendo elas simples às mais complexas, como a foto-leitura, foto-análise e foto-dedução (TEMBA, 2000).

Foto-leitura, é classificado como a técnica de interpretação mais simples pois normalmente não necessita a utilização de um estereoscópio para realizar a análise da imagem. Sendo, o processo de reconhecimento na visão vertical de objetos feito pelo homem e características comuns do terreno, tais como construções, campos cultivados, riachos e florestas.

Foto-análise, esta técnica é capaz de examinar os elementos da fotografia, delimitando e identificando o objeto. Temba (2000). “Em termos de classificação de terra, o objetivo principal é o de identificar estereoscopicamente as várias unidades do terreno e delinear todas as áreas homogêneas que indicam diferenças nas condições do solo”.

Foto-dedução, é o processo interpretativo mais complexo, baseando-se em convergências de evidências, ou seja, as análises são realizadas através de objetos visíveis nas aerofotos ou em elementos que possuem indicadores de uma determinada informação. Se o objeto se classificar como um elemento não visível, o intérprete deve ser cauteloso ao realizar a análise para que não ocorra equívocos de identificação de elementos. Todavia, a foto-

dedução necessita que o intérprete possua um conhecimento da região em estudo, seja ele prévio ou durante o andamento do trabalho para que a dedução seja executada com êxito, conforme mencionado por Loch (2008).

Não obstante, existem fatores que determinam a qualidade das fotos, ou seja, nem todas as fotografias não ofertam a mesma qualidade e quantidade de informações, mesmo o interprete possuindo o conhecimento adequado. Tais fatores citados por Loch (2008) são a região fotografada, condições atmosféricas, momento da tomada da foto, ordem técnica, qualidade do equipamento e escala das fotos.

As formas de interpretação podem ser configuradas de duas maneiras, a interpretação visual em que o intérprete detém uma imagem e extrai o que julga ser necessário, sendo esta a mais acessível a qualquer tipo de interprete já que o profissional não necessita de um conhecimento mais específico para analisar a fotografia. Já a interpretação automática, como o próprio nome diz, é realizada de forma automatizada através de computadores e softwares especificados para receber dados a serem interpretados de forma digital, podendo ser subdivida em duas categorias: o supervisionado e o não supervisionado. Na interpretação supervisionada ocorre um acompanhamento contínuo do intérprete que poderá, sempre que necessário, alterar a classificação efetuada. No segundo, a classificação da imagem é realizada de acordo com as semelhanças entre os pixels nos diferentes tons de cinza, por intermédio da leitura das fitas CCT (Computer Compatible Tape) (LOCH, 2008).

As chaves de interpretação, método usado para facilitar a identificação rápida e precisa sobre os elementos encontrados em uma fotografia, pode ser adquirida através de estudos mais detalhados sobre o sensor utilizado, haja vista que cada sensor pode emitir respostas espectrais distintas de um mesmo objeto. Estas chaves são categorizadas por Loch (2008) de duas maneiras, chaves de nível técnico e chaves de caráter intrínseco.

Chaves de nível técnico, são utilizadas as experiencias do profissional, adquirida através de sua formação técnica, conhecimento sobre o tema ou até mesmo pesquisas realizadas.

Chaves de caráter intrínseco, subdivididas em chaves diretas e associativas. A primeira refere-se a elementos discretos, mas que podem ser identificados diretamente na fotografia. Já as chaves associativas relacionam-se a objetos que não podem ser identificados nas fotos,

havendo a necessidade da técnica de dedução, associando elementos vizinhos para chegar-se a uma conclusão.

A experiência do intérprete é um dos fatores que influenciam na identificação e reconhecimento dos elementos existentes nas imagens aéreas em consonância com a disponibilidade de equipamentos auxiliares, como os estereoscópios e lentes de aumento. O profissional, para confirmar a identificação dos objetos reconhecidos, deve analisar cautelosamente os seguintes aspectos citados por Loch (2008):

1.2.1 Forma

A princípio, é necessário se familiarizar com a imagem de um determinado elemento que está sendo observado em uma direção diferente a horizontal, forma que o homem está acostumado a observar. Vale ressaltar, que as construções feitas pelo homem normalmente possuem formas uniformes e traçados em linha reta, além disso quando um curso d'água é o objeto de estudo, por exemplo, pode ser visualizado por meio de traçados de linhas contínuas e irregulares.

1.2.2 Sombra

A sombra é considerada por Loch (2008), uma consequência do formato do objeto, auxiliando a definição da altura real do elemento através de seu comprimento. Porém, é necessário ser atento a interpretação de uma aerofoto com sombras, tendo em vista que se a região fotografada apresentar este aspecto, a nitidez dos objetos imageados pode ser prejudicada.

1.2.3 Tamanho

O tamanho do objeto na fotografia está relacionado diretamente com a sua escala, ou seja, é o primeiro fator a ser analisado para interpretar o tamanho do objeto imageado.

1.2.4 Tonalidade

A tonalidade de uma fotografia aérea pode ser colorida ou em preto e branco. Nas coloridas, ressaltam-se a coloração dos objetos, apresentando variações de intensidade e contraste. Já nas imagens aéreas em preto e branco, é possível observar as variações da escala de cinza, como por exemplo uma área que seja utilizada para pastagem, apresentara uma graduação de cinza intermediária.

1.2.5 Densidade

Este aspecto pode auxiliar na identificação da quantidade de umidade de um objeto, tal como a classificação de um tipo de vegetal realizado através do espaçamento entre plantas, conforme observado pelo interprete.

1.2.6 Declividade

A declividade é utilizada para estabelecer a vertente de um morro ou definir a metragem do desnível existente no trecho de um rio.

1.2.7 Textura

É usado este aspecto quando é necessário determinar um objeto através da união de unidades pequenas que podem ser reconhecidas individualmente. Todavia, a textura depende da escala do objeto, ou seja, em uma escala grande observa-se a facilidade de distinguir os micros detalhes que não são visíveis em escalas pequenas.

1.2.8 Posição

Refere-se ao conhecimento que o interprete deve ter da região imageada, localizando a foto geograficamente.

1.2.9 Adjacências

Consiste na interpretação de um objeto através de elementos visíveis na fotografia, tal como, uma estrada que finaliza em uma floresta configura que naquela área houve exploração madeireira.

3 FOTOGRAFIAS AÉREAS/ IMAGENS AÉREAS NO ESTADO DO PARÁ

3.1. Breve histórico do levantamento aerofotogramétrico no Brasil e no Pará

No Brasil, de acordo com Silva (2015), a aerofotogrametria teve uma impulsionada significativa com a construção do 14-Bis pelo inventor brasileiro Alberto Santos Dumont, visto que com a possibilidade de realizar o levantamento com um avião poderia obter-se imagens de áreas mais extensas que com balões, entretanto eram necessários diversos aprimoramentos tanto nas aeronaves quanto nas câmeras. As fotografias aéreas tiveram grande utilidade no período da 1ª guerra de 1914 a 1917, sendo utilizadas somente para fins militares.

Em 1928, a empresa italiana Società Anonima Rilevamenti Aerofotogrammetrici – SARA, considerado pioneiro nos levantamentos aerofotogramétricos no País, iniciou as atividades do projeto SARA Brasil S/A, realizando o imageamento e a restauração da planta cadastral da cidade de São Paulo nos anos de 1928 a 1933, sendo a primeira cidade no mundo a possuir um mapeamento em uma escala de 1:1.000 e impressas também em 1:5.000. Através deste levantamento, o surgimento de empresas nacionais para realizar os levantamentos aerofotogramétricos se tornaram mais comum no território brasileiro (GESTÃO URBANASP, 2016, SILVA, 2015).

No Estado do Pará, Brasil, atualmente é possível observar atualmente diversas empresas e instituição que utilizam a aerofotogrametria como fonte de obtenção de dados no qual consiga observar os objetos imageados de uma localidade. Ademais, locais como Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e Instituto de Geociências – Universidade Federal do Pará, possuem acervos físico (mapotecas) de fotografias aéreas, disponibilizadas gratuitamente. O Instituto de Geociências, por exemplo, detém uma grande quantidade de aerofotos da região bragantina nas décadas de 60 e 70, disponíveis em sua biblioteca.

3.2. Instituições públicas em atuações

Com a evolução tecnológica, o desenvolvimento da fotogrametria no território brasileiro obteve e ainda obtém uma importante contribuição de entidades governamentais, apontados por Silva (2015), tais como DSG (Diretoria de Serviço Geográfico), originalmente chamada de “Comissão da Carta Geral” fundada em 1890, com finalidade de garantir o

mapeamento sistemático do Brasil em escalas de 1:25000 e 1:250000. Possuindo grande destaque no ano de 1920 com a chegada, ao país, da Missão Austríaca que tinha o objetivo de fornecer o embasamento técnico necessário para garantir o mapeamento do território nacional; INE (Instituto Nacional de Estatística, atual IBGE(Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) foi criado em 1934, é o responsável pelas pesquisas e análises de informações estatísticas, levantamentos demográficos e também pelo sistema geodésico brasileiro e Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste- SUDENE, originada em 1959 pela lei nº 3.692, com o objetivo de formular planos e diretrizes para o desenvolvimento da região Nordeste, disponibilizando cartas topográficas em escalas 1:25.000 e 1:100.000 impressas, resultantes de um mapeamento elaborado com base no levantamento aerofotogramétrico.

3.3. Empresas em atuação

Dentre as empresas em atuação existentes, pode-se destacar a Base Aerofotogrametria e Projetos S/A, fundada em 1974, com especialização em imageamento aerofotogramétrico, levantamentos topográficos e geodésicos, elaboração de produtos cartográficos, cartas e plantas; Aerocarta Engenharia de Aerolevantamentos, atuando desde 1987 em todo o território nacional nas áreas de cartografia, cadastros, avaliações e geoprocessamento; Fototerra, fundada em 1993, realizando serviços de aerolevantamento desde etapa de aquisição fotogramétrica até o cadastro e estudos geotécnicos e Engefoto, empresa brasileira fundada em 1980, possuindo um robusto diferencial em hardware, software e equipamentos, atuando não só no Brasil, mas também na Bolívia, Colômbia, República Dominicana, Guatemala, Peru e Cuba.

4 APLICAÇÕES DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS DNPM: ALGUNS EXEMPLOS

A técnica da fotointerpretação, tem o propósito de identificar os elementos de uma fotografia aérea. Sendo assim, Loch (2008) expõe que esta técnica pode ser aplicada em análises de diversas áreas tais como:

- Uso e cobertura da terra;
- Expansão urbana;
- Agricultura;
- Preservação do meio ambiente;
- Cadastro técnico;
- Levantamentos geomorfológicos;
- Geologia;
- Controle de uma barragem, dentre outros.

A Geologia, por exemplo, necessita de um estudo bastante rigoroso por parte do intérprete, tais como a forma fisiográfica, como os limites litológicos que possuem diferenças na textura de sua forma fisiográfica; Características de drenagem, tal como a configuração de rios que variam de acordo com as rochas existentes em seu entorno; erosão, como a declividade de um terreno; e tonalidades, que é o responsável por classificar as rochas de acordo com o teor de cinza apresentado para a interpretação.

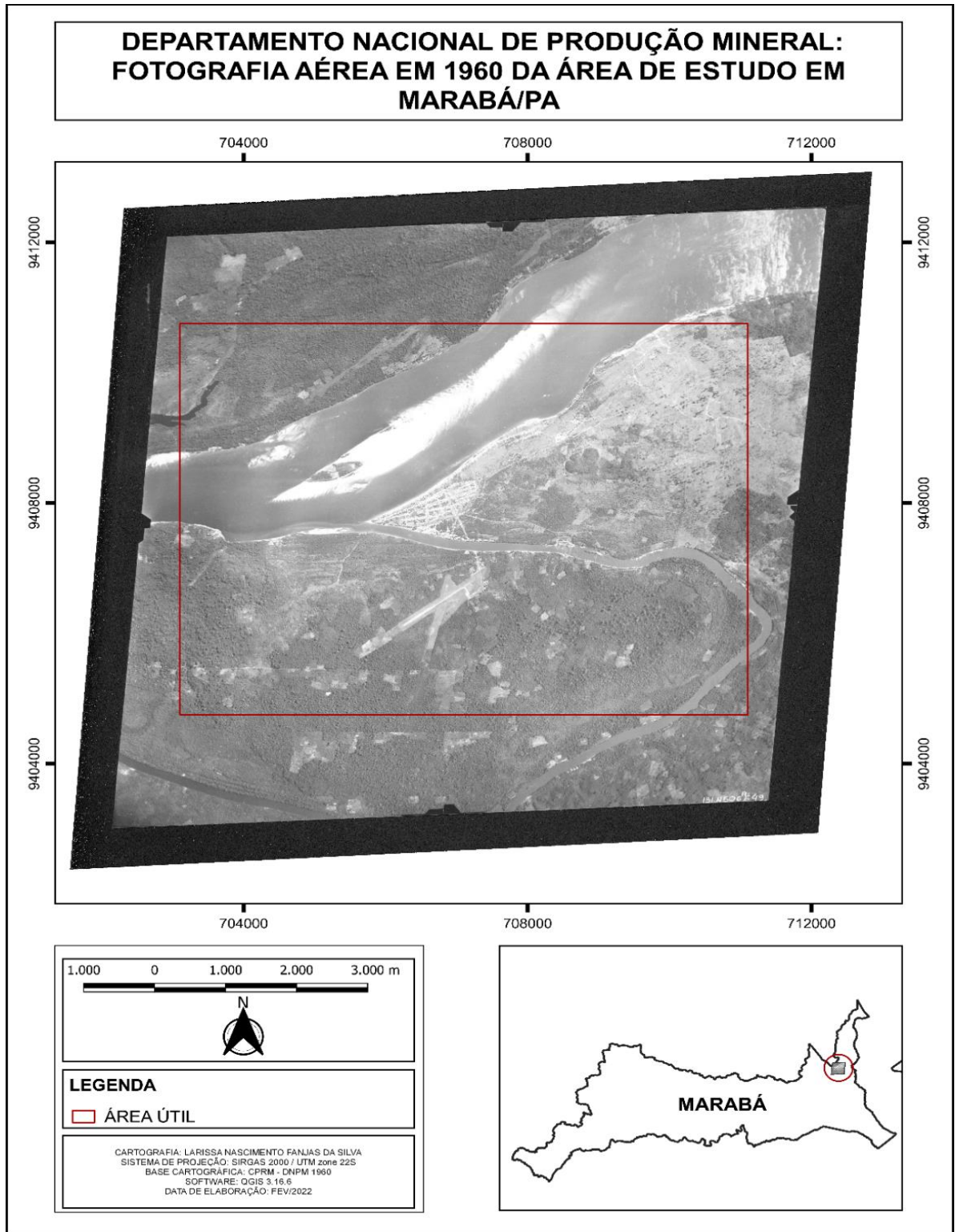
As aplicações realizadas na presente pesquisa, portanto, foram as de uso e cobertura da terra e expansão urbana. As aplicações foram realizadas sobre aerofotos analógicas digitalizadas e disponibilizadas pelo CPRM/DNPM, com captura no canal infravermelho e com emulsão de filme em P&B.

Neste sentido, foram selecionados dois recortes do município de Marabá, localizados na Região Geográfica Intermediária e Imediata de Marabá (PA), possuindo uma distância de 574,8 km da capita do estado, Belém. As aerofotos escolhidas foram as que apresentam um recorte sobre a sede do município em questão, dos anos de 1960 e 1978, com os códigos 131.N506649 e coordenadas UTM 9413117,8306 N, 9402343,7781 S, 712853,1910 L, 701552,2914 E, (Figura 7) para a aerofoto de 1960; E código 15922 70, apresentando

coordenadas UTM 9417530,8421 N, 9401591,6624 S, 717933,1826 L, 700979,5716 E para a aerofoto de 1978 (Figura 7).

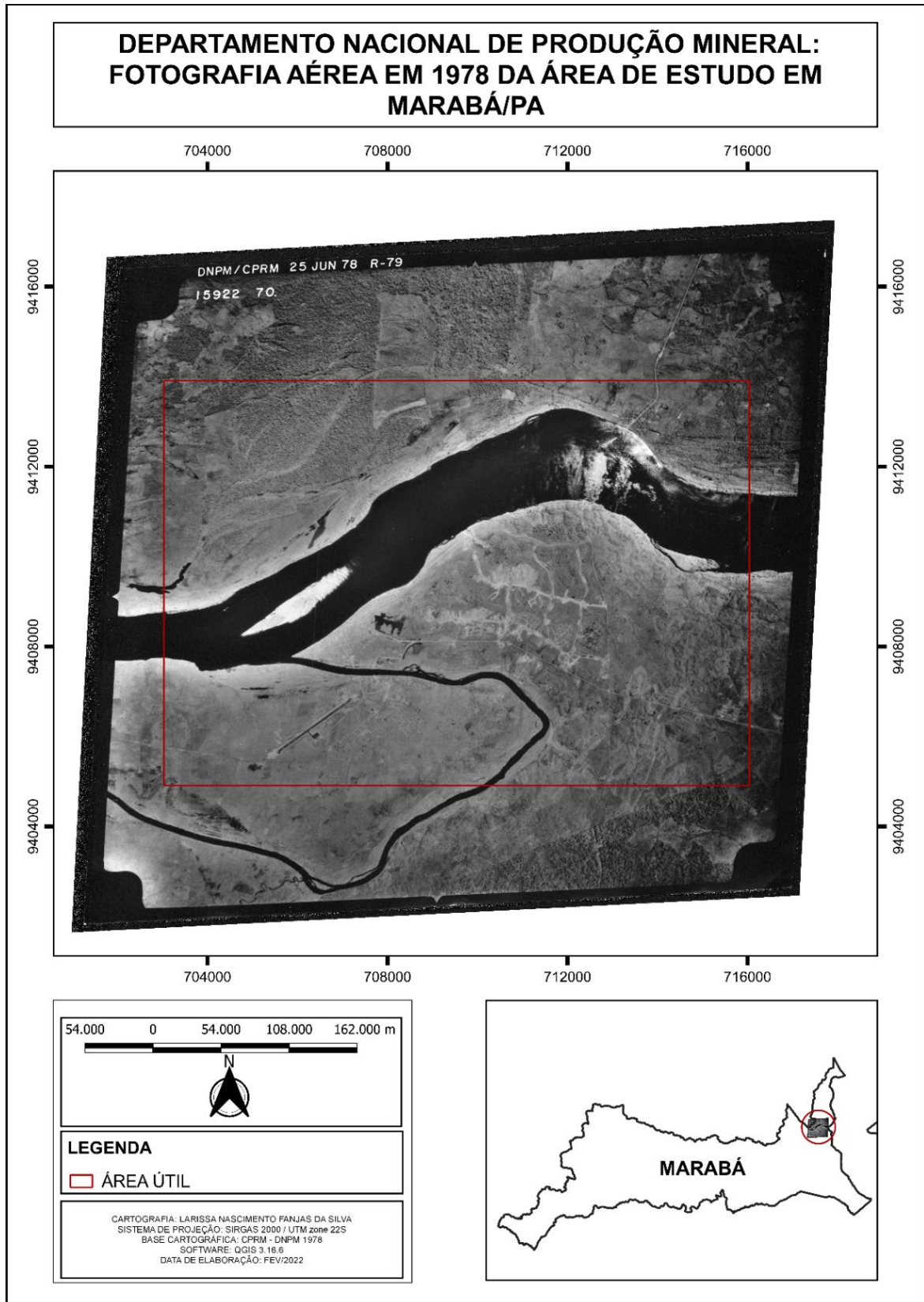
Após a seleção das fotografias e o georreferenciamento das imagens, foi necessário realizar a delimitação das áreas úteis utilizando o princípio da sobreposição lateral e longitudinal, com taxas respectivamente de 30% e 60%, resultando nas extensões E-W de 7998,95 metros e N-S de 5999,09 metros (Figura 9) na aerofoto de 1960; e extensões E-W de 12998,13 metros e N-S de 8998,40 metros na aerofoto de 1978 (Figura 10)

Figura 7- Mapa da fotografia aérea da área de estudo em 1960.



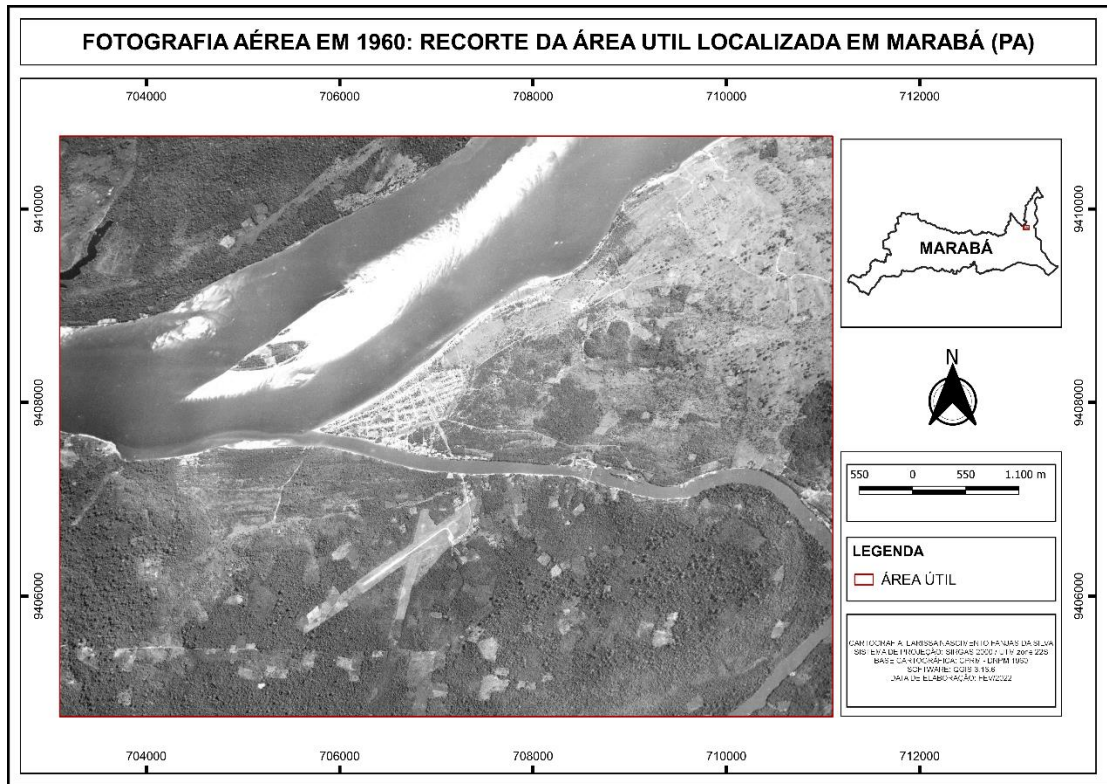
Fonte: CPRM\ DNPM, 1960. Elaborado pelo autor.

Figura 8 – Fotografia aérea da área de estudo em 1978.



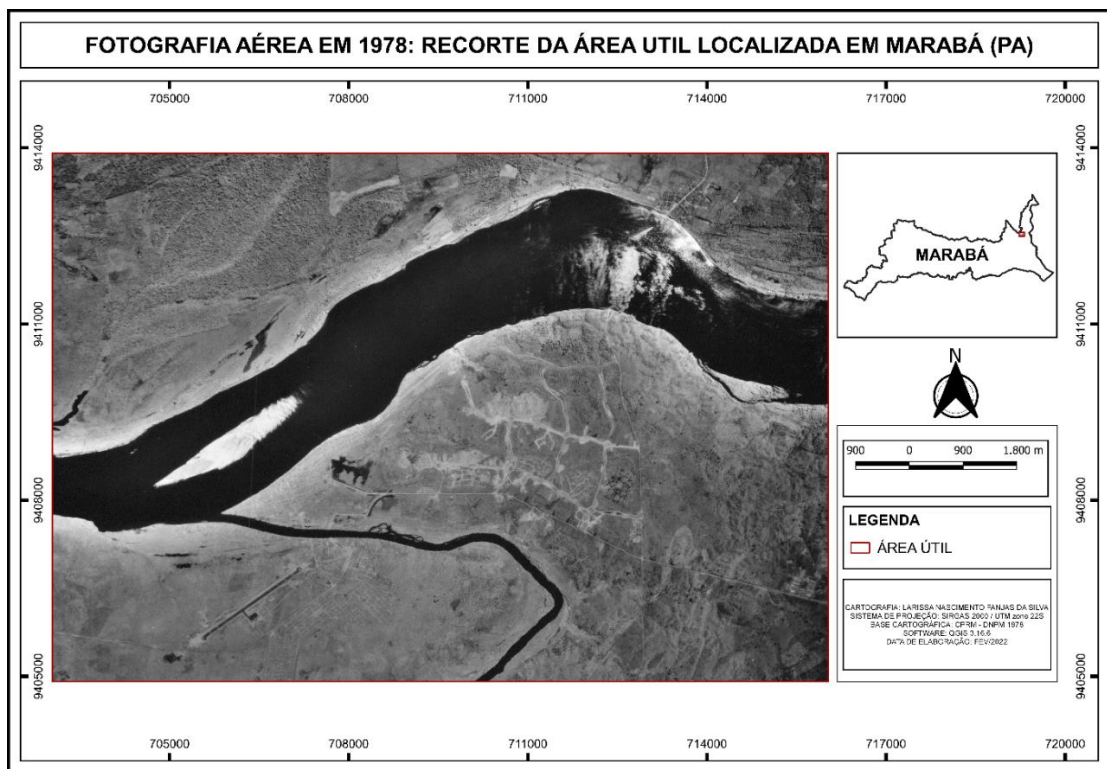
Fonte: CPRM\DNPM, 1978. Elaborado pelo autor.

Figura 9 – Área útil da área estudada em 1960.



Fonte: CPRM/DNPM, 1960. Elaborado pelo autor.

Figura 10 – Recorte da área útil, localizada em Marabá (PA), em 1978.



Fonte: CPRM/DNPM, 1978. Elaborado pelo autor.

4.1. Uso e Cobertura da terra


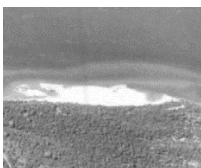

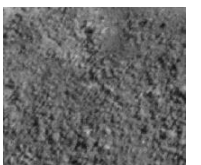

Nos últimos séculos, a atividade antrópica vem alterando a cobertura da terra, entretanto a introdução de maquinários acelerou este processo drasticamente nas últimas décadas. O estudo da análise do uso e cobertura da terra é o responsável por estimar de forma quantitativa a situação do uso e cobertura da terra de uma determinada região, através de um levantamento multitemporal e informações fornecidas da extensão espacial de um determinado ponto do tempo. A cobertura da terra se refere a toda a cobertura física, biológico presente na superfície, ademais, água, vegetação, solo exposto e as estruturas artificiais (ELLIS, 2007 apud SARATHI et. al, 2010). Já o uso da terra, interligado a princípios de gestão, sendo definido como os propósitos e contextos sociais e econômicos sobre os quais as terras são gerenciadas. As mudanças no uso e cobertura da terra significam as alterações quantitativas (aumento ou diminuição) de algum uso ou classes de cobertura existente na superfície da terra. (SARATHI et al, 2010).

As fotografias aéreas e as imagens orbitais podem ser utilizadas para mapear a cobertura terrestre, porém como o sensor não é capaz de registrar a atividade diretamente, é necessário a interpretação através de aspectos como formas, texturas, tonalidades, arranjos espaciais e localização no terreno, já que as aerofotos e imagens de satélite apenas captam características que retratam o revestimento do solo. Outrossim, atividades como o turismo e outras atividades antrópicas, relacionadas diretamente com a cobertura, só podem ser correlacionadas a partir de dados suplementares (IBGE, 2013). A partir disto, A aerofoto escolhida para realizar a análise de uso e cobertura da terra foi a do ano de 1960.

Neste âmbito, a chave de classificação empregada foi a de caráter intrínseco direta, onde o fotointérprete seleciona o exemplo correspondente à imagem interpretada, que mesmo sendo discretos, podem ser identificados. A interpretação do uso e cobertura da terra, foi realizada através de uma adaptação do Manual Técnico de Uso da Terra – IBGE e Manual de Vegetação Brasileira – IBGE, em área antropizada (1.1), solo exposto (III), solo exposto (não úmido) (IV), vegetação secundária (VS), vegetação secundária e combinações (VS+2.1, Vs+2.3 e VS+2.1+2.3), Floresta ombrófila aberta de cipó (ASC) e floresta ombrófila densa aluvial (DA), Estradas (ESTRADAS), Rio Tocantins (HIDROGRAFIA) (Tabela 1) .

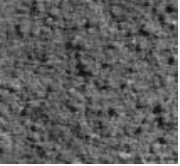
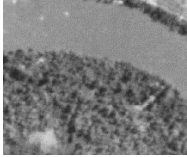
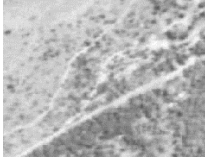

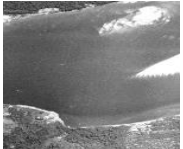
Tabela 1 - Chave de interpretação das feições de uso e cobertura da terra da área de estudo

CHAVES DE
INTERPRETAÇÃO

CLASSES	DEFINIÇÃO	TEXTURA	FORMA	LOCALIZAÇÃO	IMAGEM
1.1	Área com predominância de construções e faces de logradouro	Rugosa	Irregular	Área urbana	
III	Solo exposto, sem vegetação (próximo a corpo hídrico)	Lisa	Regular	Meio Rural	
IV	Solo exposto sem vegetação (não úmido)	Lisa	Regular	Meio Rural	
VS	Vegetação após supressão total ou parcial da vegetação primária	Lisa	Linear	Meio Rural	
VS+2.1/VS+21.+2.3	Vegetação secundária e área de agricultura (2.1) e/ou pastagem (2.3)	Lisa	Linear/retangular / Irregular	Meio Rural	

CHAVES DE
INTERPRETAÇÃO

(Continuação)

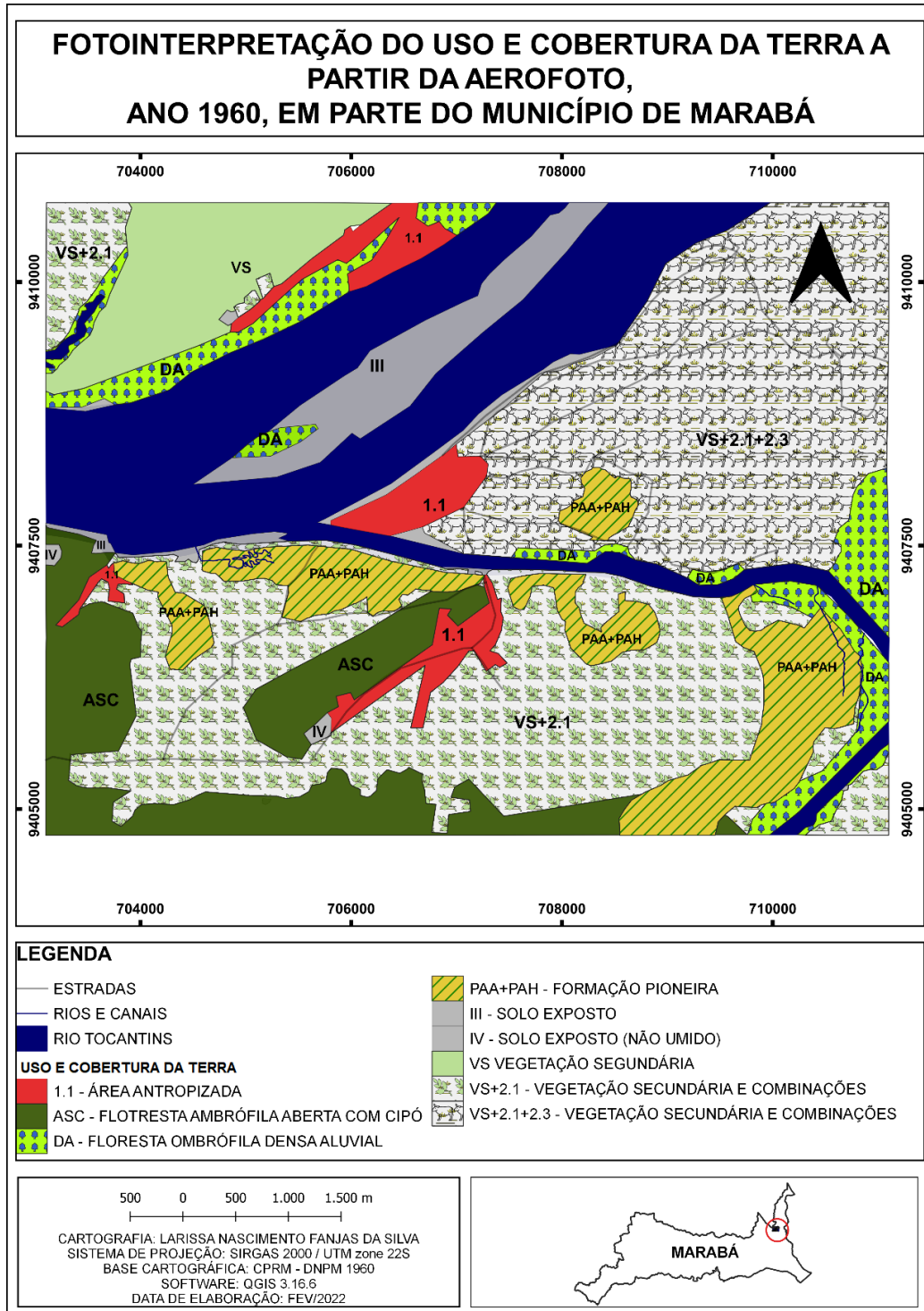
CLASSES	DEFINIÇÃO	TEXTURA	FORMA	LOCALIZAÇÃO	IMAGEM
ASC	Vegetação	Rugosa	Linear	Meio Rural	
DA	Vegetação	Rugosa	Linear	Meio Rural	
Estradas	Caminho que liga duas ou mais localidades	Lisa	Linear	Área urbana \ Meio Rural	
PAA+PAH	Formação pioneira, vegetação de pequeno porte	Lisa	Linear	Meio Rural	
Hidrografia	águas da superfície da Terra, abrangendo rios, oceanos, lagos, mares, geleiras, etc.	Lisa	Linear	Área urbana \ Meio Rural	

Fonte: IBGE, 1992; IBGE, 2006 e 2013. Elaborado pelo autor.

Após elaborar a chave de interpretação iniciou-se o processo de interpretação da imagem para elaboração do produto cartográfico, a partir de uma aerofoto, do CPRM/DNPM, do ano de 1960 (Figura 11) e após isso, foi adquirido uma imagem do satélite CBERS 4A, do ano de 2021 para elaborar um mapa de uso e cobertura da terra do ano em questão (Figura 12), possibilitando uma análise temporal do uso e cobertura de um recorte do município de

marabá, visto que, conforme apontado por IBGE (2006) Através destes levantamentos é possível criar indicadores ambientais e para a avaliação de capacidade de suporte ambiental, contribuindo para a identificação de alternativas para o desenvolvimento sustentável.

Figura 11 – Fotointerpretação do uso e cobertura da terra da área de estudo em 1960.



Fonte: CPRM/DNPM, 1960. Elaborado pelo autor.

A análise destas informações apresentadas no mapa é representada na (Tabela 2). Verificou-se que a classe predominante é a classe de vegetação secundária e agricultura, ocupando aproximadamente, 23,9% da área útil total em 1960.

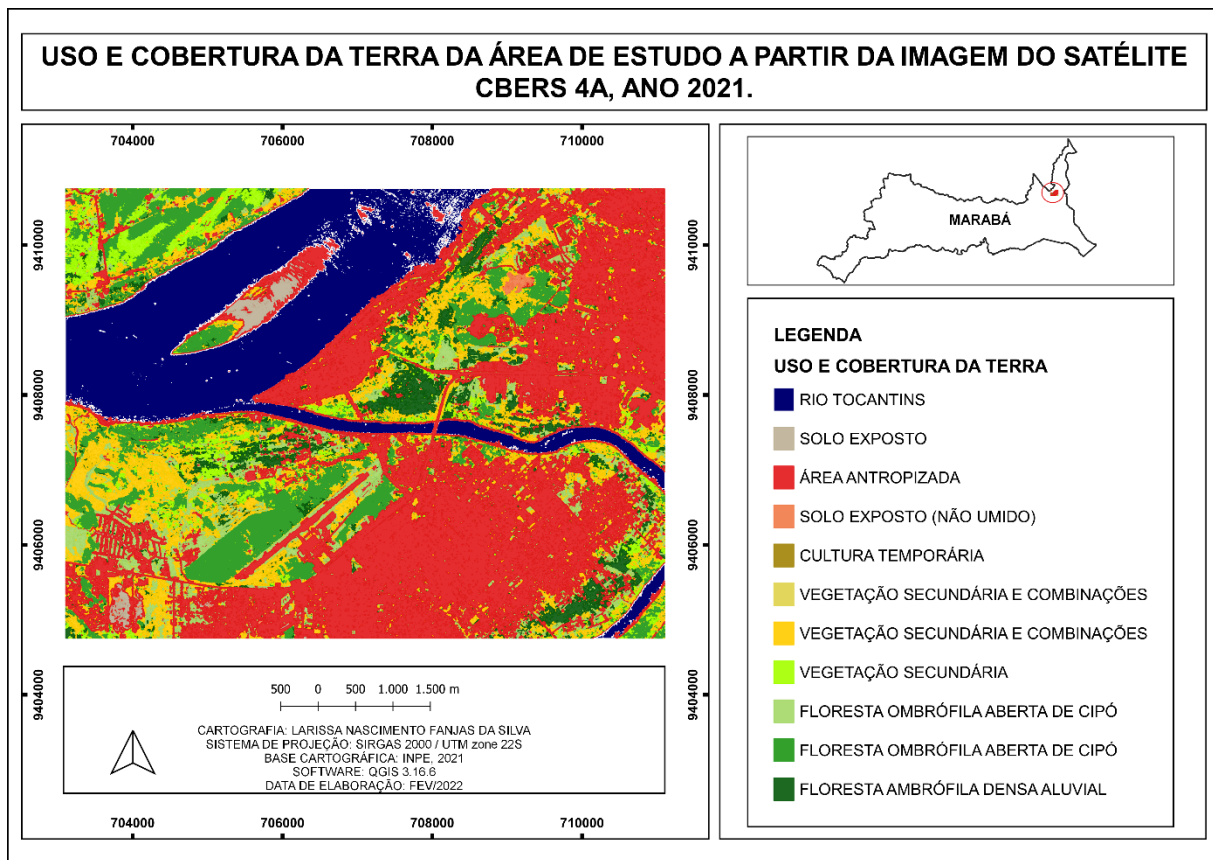
Tabela 2 – Quantificação das classes de uso e cobertura da terra em 1960.

CLASSES	EXTENSÃO M ²	EXTENSÃO EM KM ²	PORCENTAGEM
1.1	1860858,11	1,86	3,9%
III	2235071,89	2,24	4,7%
IV	72449,29	0,07	0,1%
VS	2586409,4	2,59	5,4%
VS+21.+2.3	9770830,12	9,77	20,4%
VS+2.1	10684131,88	10,68	22,3%
ASC	4724832,64	4,72	9,8%
CORPO HIDRICO	11460885,31	11,46	23,9%
PAA+PAH	4194613,68	4,19	8,7%
DA	2688873,86	2,69	5,6%

Fonte: Elaborado pelo autor

As áreas de Floresta ombrófila aberta de cipó e Floresta ombrófila densa aluvial ocupam, respectivamente 9,8% e 5,6% do total da área útil. Na fotografia aérea são observadas ao longo dos percursos dos rios e Meio Rural. Na classificação não foram separadas outras de fisionomias da vegetação nativa encontrada no recorte de Marabá (PA), devido apresentarem texturas e formas semelhantes, podendo classificar apenas através de sua localização na área estudada por meio do Manual Técnico de Vegetação Brasileira – IBGE.

Figura 12 – Uso e cobertura da terra da área de estudo em 2021.



Fonte: INPE, 2021. Elaborado pelo autor.

A análise da área de uso e ocupação da terra, presente nas feições apresentadas, estão representadas na (Tabela 3). Nota-se a expressiva expansão da área antropizada que em 1960 ocupava 3,9% e no ano de 2021 representa 38,4% do total da área útil.

Tabela 3 – Quantificação uso e cobertura da terra em 2021.

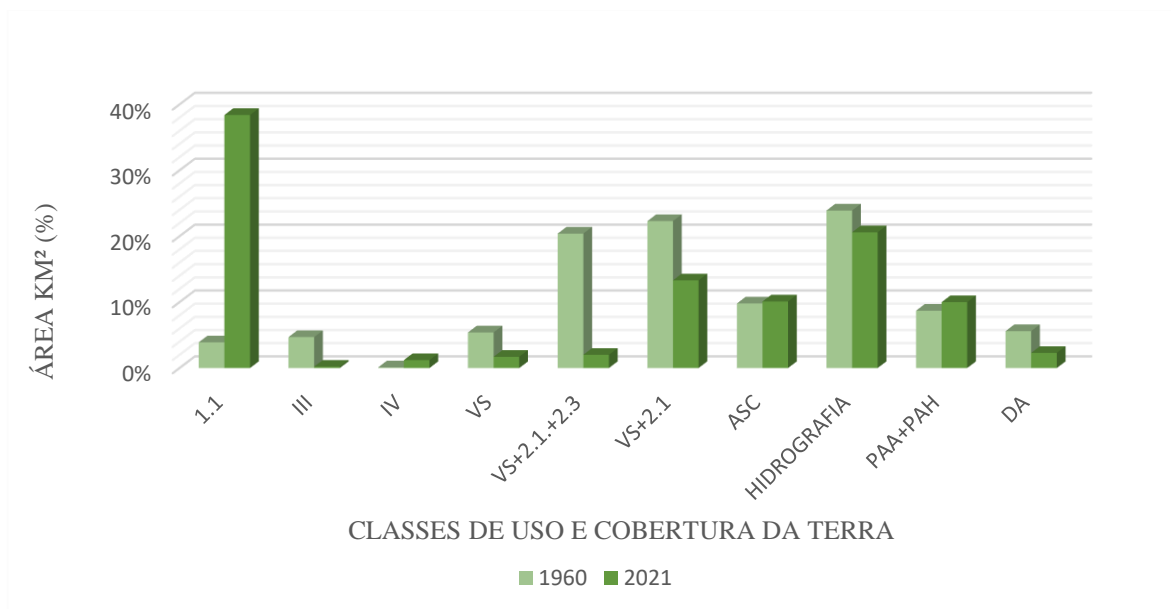
CLASSES	EXTENSÃO M ²	EXTENSÃO EM KM ²	PORCENTAGEM
1.1	18432064	18,43	38,4%
III	111256	0,11	0,2%
IV	58976	0,58	1,2%
VS	830976	0,83	1,7%
VS+21.+2.3	97376	0,97	2,0%

VS+2.1	6369088	6,36	13,3%
ASC	4866496	4,86	10,1%
CORPO HIDRICO	9885,056	9,88	20,6%
PAA+PAH	4823,68	4,82	10,0%
DA	1116,672	1,11	2,3%

Fonte: Elaborado pelo autor.

elaboração dos mapas de uso e cobertura da terra aliado a extração das informações referentes as áreas de ocupação, foram responsáveis por apresentar os primeiros dados de observação e análise multitemporal (Gráfico 1), referentes aos anos de 1960 e 2021, como, por exemplo, o aumento da área antropizada e conseqüentemente a diminuição da cobertura vegetal espalhadas pelo perímetro. Dessa forma, para a uso e cobertura da terra foi gerado os seguintes dados:

Gráfico 1 – Comparativo do uso e cobertura da terra em 1960 e 2021.



Fonte: CPRM/DNPM, 1960; INPE, 2021. Elaborado pelo autor.

Neste sentido, a partir dos dados apresentados nas figuras 11, 12 e Gráfico 1, é possível verificar que para o total da área útil, cerca de 47,98 km², a cobertura vegetal total (Floresta ombrófila densa aluvial, Floresta ombrófila aberta de cipó, Formação pioneira e

vegetação secundária), no ano de 1960, representava 29% em relação a área útil. Já a área antropizada correspondia a 1,86%. Enquanto que nos dados levantados de 2021, as classes de vegetação somadas chegam a 24% e a área antropizada corresponde a 38,4%.

A partir disto, foi possível observar que dois aspectos tiveram destaque: Mesmo com o crescimento notável da área antropizada, a supressão da vegetação não foi proporcional a este crescimento, perdendo aproximadamente 5% de sua área no intervalo de um pouco mais de seis décadas. Além disso, A regeneração da vegetação afetada pelo crescimento da área antropizada ocorreu de forma pontual, ou seja, as áreas predominantemente antrópicas possuem baixos índices de vegetação em relação ao levantamento de 1960, isso significa que a cobertura vegetal, mesmo havendo a supressão, manteve um saldo positivo em relação a área total.

Dessa forma, as análises realizadas sobre as mudanças no uso e cobertura da terra em parte do município de Marabá (PA) nos anos de 1960 e 2021, tornou possível perceber a mudança no uso e cobertura do local. Nesse sentido, é inegável que o crescimento da área antropizada, em relação a cobertura vegetal, resulta no impacto na vegetação mesmo que este seja pequeno para o período analisado, além disso a preservação da cobertura e o uso de forma sustentável é imprescindível, visto que a vegetação é essencial para o equilíbrio do meio ambiente e o solo, sendo utilizado de forma consciente, previne o assoreamento dos rios e a erosão.

4.2. Expansão urbana

A agilidade do processo de urbanização nas cidades é uma consequência do processo de industrialização, ocorrida no final da década de 40, modificando o sistema produtivo nacional, afirma Rigatti (2001)

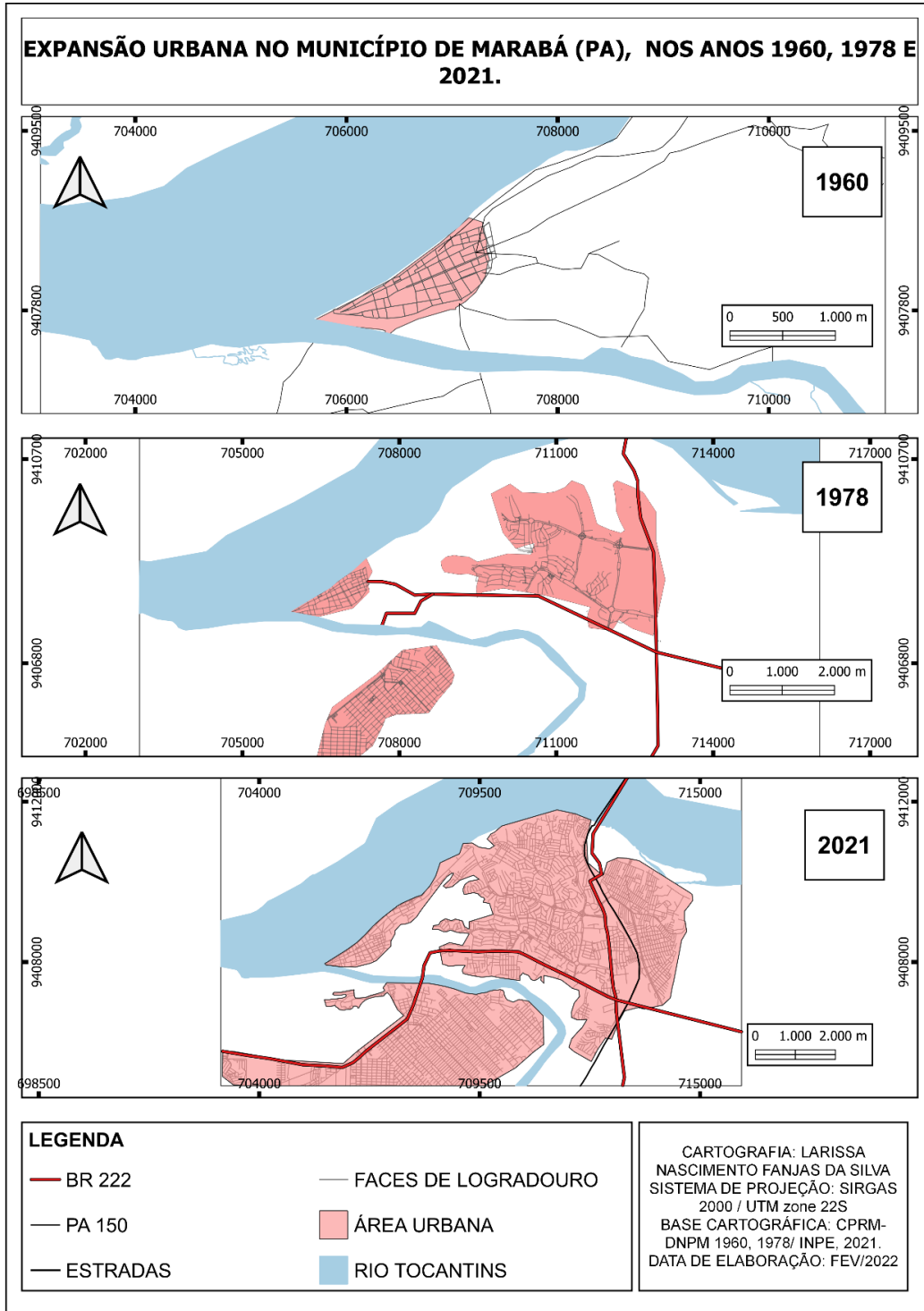
Silva (2012) cita que o município de Marabá, localizado na meso-região do sudeste paraense, surgiu através do cenário de ações do governo federal, caracterizando a região amazônica como um modelo de desenvolvimento econômico a partir da exploração dos recursos naturais, no qual foi condicionada a diversos ciclos econômicos como o ciclo da borracha e da castanha-do-pará. (SILVA, 2012 p.12).” Marabá em seus arredores, atualmente

têm sido pólo de vários empreendimentos industriais, ocasionando transformações no seu universo econômico, social e espacial (território)”.

A população de Marabá teve um crescimento acelerado no período de 1960 – 1970, no qual somava 59,745 habitantes no ano de 1980, fato esse ocasionado pela implementação de grandes projetos como a construção da hidroelétrica de Tucuruí, o Projeto Carajás, a Ferrovia Carajás-Itaqui, de acordo com Emii (1999 p. 109 apud SILVA, 2012 p. 44)

Outrossim, a população estimada de Marabá, no ano de 2021, á de aproximadamente 287.664 habitantes (IBGE, 2021). Nesse sentido, foi elaborado um produto cartográfico referente a expansão da urbanização na cidade, dados estes referentes aos anos de 1960, 1978 e 2021 (Figura 13). Atualmente, a cidade possui cinco núcleos, são eles: Marabá Pioneira, Cidade Nova, Nova Marabá, São Feliz e Morada Nova.

Figura 13 – Crescimento da área urbana nos anos de 1960, 1978 e 2021.



Fonte: CPRM \ DNPM. 1960 e 1978; INPE, 2021. Elaborado pelo autor.

Desse modo, elaborou-se uma tabela (Tabela 4) demonstrando a área urbana, em quilômetros quadrados, nos respectivos anos e área útil estudada aproximada, 1960 com área de 47,98 km², 1978 com 116,96 km² e 2021 com, também, 116,96 km²

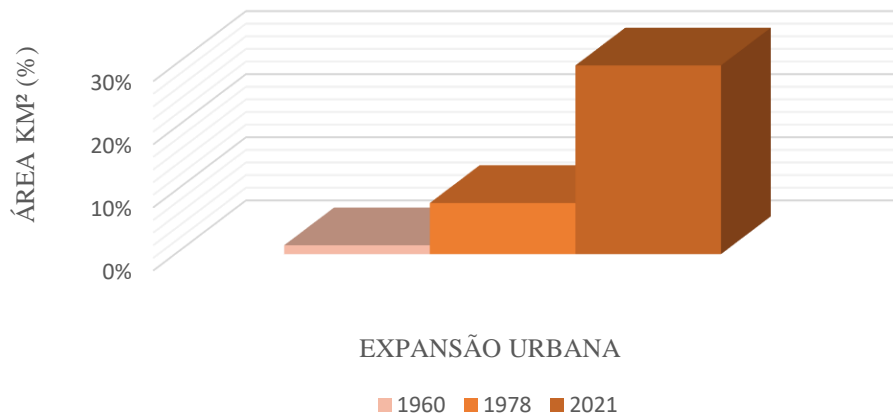
Tabela 4- Quantificação da área urbana em relação a área útil do estudo.

ANOS	EXTENSÃO EM KM ²	PORCENTAGEM
1960	0,78	1,5
1978	9,66	8,2%
2021	35,03	30%

Fonte: Elaborado pelo autor.

elaboração dos mapas de expansão urbana em consonância com a extração das informações referentes as áreas de expansão em relação a área útil estudada, foram responsáveis por apresentar os dados de observação e análise multitemporal, dos anos de 1960, 1978 e 2021. Dessa forma, para melhor interpretação dos dados apresentados na tabela anterior (Tabela 4), foi elaborado um gráfico (Gráfico 2) representando a expansão da área urbana.

Gráfico 2 - Expansão urbana de Marabá (PA), nos anos de 1960, 1978 e 2021.



Fonte: CPRM \ DNPM. 1960 e 1978; INPE, 2021. Elaborado pelo autor.

Mediante o gráfico apresentado (Gráfico 2), foi possível observar que a partir da década de 60 as taxas de expansão urbana tornaram-se elevadas, devido a práticas adotadas nas décadas de 60 e 70, tais medidas que visavam o desenvolvimento na Amazônia que gerou mudanças nas estruturas fundiárias. O ano de 2021 apresenta destaque no processo de urbanização. Conforme apontado por Ramos (2014 p.19) “[...] Marabá se insere em um contexto mais dinâmico, com crescimentos demográficos persistentes ao longo das últimas décadas em taxas elevadas. O processo de ocupação do entorno com as terras convertidas em pasto já ocorreu em décadas passadas.”.

A partir dos dados observados acima, portanto, destaca-se uma fase: O ano de 1978, apresenta um crescimento elevado, em relação a 1960, isso acontece pois em 1971 o poder político exploravam a castanha- do- Pará na Amazônia e ao mesmo tempo o governo federal criava o projeto de colonização da Amazônia, porém sem oferecer condições para os colonos nordestinos assentados, que acabavam contraindo doenças tropicais, como a malária e muitos desses não tinham como retornar para sua região de origem e acabavam indo para a cidade de Marabá (GEO MARABÀ, 2009).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dessa maneira, a presente pesquisa teve como o objetivo, apresentar algumas possibilidades de realizar obtenção de informações e análises a partir do uso de aerofotos do acervo da CPRM/DNPM, diante dos princípios da fotogrametria e o método da fotointerpretação

A fotogrametria, ao longo do seu processo histórico, obteve diversos aprimoramentos de sensores e equipamentos, possibilitando, no período atual, realizar levantamentos precisos e com mais rapidez, como por exemplo levantamentos topográficos com Drones. Além disso, a inserção de aviões para a realização do mapeamento proporcionou um acervo gigantesco de fotografias, com um inestimável valor histórico, que podem ser utilizadas como material complementar para análise multitemporal e também em áreas que não possuem levantamentos devido à dificuldade de ir in loco.

Nesse sentido, a fotointerpretação realizada nas aplicações, utilizou a chave de interpretação de caráter intrínseco e diante disso os objetos observados, mesmo discretos, podem ser analisados pelo fotointerprete. Não obstante, segundo Loch (2008) o especialista pode utilizar parâmetros mais complexos para realizar a análise, os quais adquiriu com o aprimoramento de seus conhecimentos e conseqüentemente, fazendo com que as chaves não se tornem tão valiosas.

Outrossim, os produtos cartográficos elaborados buscaram apresentar o método da fotointerpretação para as fotografias aéreas do Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM. Por isso, apresentar conhecimentos a respeito dos princípios da fotogrametria, tal como, recobrimento lateral e longitudinal, foi de extrema importância devido ser necessário utiliza-lo no processo de elaboração do mapa. Ademais, os aspectos apresentados no capítulo de fotointerpretação, foram utilizados para a criação das chaves de classificação, pois de acordo com a forma, textura e sombra, foi possível destacar os elementos representados na fotografia aérea. Este trabalho, portanto, servirá como material metodológico acerca de pesquisas voltadas para aerolevanteamento, pois contém informações relevantes, facilitando o entendimento a respeito de como interpretar uma fotografia aérea e a aplicação dos princípios fotogramétricos.

Os resultados apresentados, serviram como comprovação da justificativa apresentada, realizando através de uma fotografia aérea, o mapeamento de uma área recortada no município de Marabá. Também, através dos mapas gerados foi possível quantificar a mudança na paisagem do local aplicado o método da fotointerpretação.

REFERÊNCIAS

AEROCARTA ENGENHARIA DE AEROLEVANTAMENTO. Sobre a Aerocarta. Disponível em: http://aerocarta.com.br/?page_id=367 Acesso em: 23 de dez. de 2021.

ALMEIDA, J.A.P & OLIVEIRA, J.P. **Sensoriamento Remoto I**- Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, SE, 2010.

AMERICAN SOCIETY OF PHOTOGRAMMETRY. What is asprs?. Disponível em: <https://www.asprs.org/organization/what-is-asprs.html> Acesso em: 05 de jan. de 2022.

BASE AEROFOTOGRAMETRIA S/A. Sobre a Base Aerofotogrametria. Disponível <https://www.baseaerofoto.com.br/base-aerofotogrametria-e-projetos/> Acesso em: 23 de dez. de 2021.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS. Departamento Nacional de Produção Mineral. Disponível em: http://acervo.cprm.gov.br/rpi_cprm/docreaderNET/docreader.aspx?bib=FOT_AER_DNPM&pasta=&pesq=15922 Acesso em: 10 de dez. de 2021.

ENGEFOTO ENGENHARIA E AEROLEVANTAMENTOS S/A. A Engefoto. Disponível em: <https://www.engefoto.com.br/sobre/> Acesso em: 23 de dez. de 2021.

ESA – EUROPEAN SPACE AGENCY. As Informações Contidas Numa Imagem. Disponível em: https://www.esa.int/SPECIALS/Eduspace_PT/SEMUA565P1G_0.html#:~:text=A%20principal%20diferen%C3%A7a%20entre%20uma,para%20a%20analisar%20e%20interpretar. Acesso em: 28 de dez de 2021.

ESPARTEL, L. **Curso de Topografia**. 9 ed. São Paulo, SP. Globo, 1987.

FOTOTERRA. História. Disponível em: <https://fototerra.com.br/historia.php> Acesso em: 23 de dez. de 2021.

GEOBASES ESPIRITO SANTO. Disponível em: <https://geobases.es.gov.br/> Acesso em: 07 de jan. de 2022.

GEO MARABÁ. **Perspectiva para o Meio Ambiente Urbano**. Marabá. PA, 2009.

GESTÃO URBANA SP. Prefeitura Disponibiliza Mapa Histórico de 1930 no Geosampa. Disponível em: <https://gestaourbana.prefeitura.sp.gov.br/noticias/prefeitura-disponibiliza-mapa-historico-de-1930-no-geosampa/> Acesso em: 22 de dez. de 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/> Acesso em: 15 de dez. 2021.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Vegetação Brasileira**. Rio de Janeiro, RJ, n.1, 1992.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, RJ, 2. ed. 2006.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, RJ,3. ed. 2013.

INSTITUTO DE PÓS-GRADUAÇÃO E GRADUAÇÃO. Evolução dos drones. Disponível em: <https://blog.ipog.edu.br/engenharia-e-arquitetura/fotogrametria/attachment/evolucao-dos-drones/> Acesso em: 15 de dez. de 2021.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma Perspectiva em Recursos Terrestres**. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

LINDER W. **Digital Photogrammetry**. 3 ed. Alemanha. Springer, 2009.

LOCH, C. **A Interpretação de Imagens Aéreas**. 5.ed. Santa Catarina, Brasil, Edit.UFSC, 2008.

MILLER, C. L. **The Spatial Model Concept of Photogrammetry** – American Society of Photogrammetry, Estados Unidos da America, USA, 1957.

MINISTÉRIO DA DEFESA. Aerolevantamento. Disponível em: <https://www.gov.br/defesa/pt-br/assuntos/aerolevantamento> Acesso em: 19 de dez de 2021.

NATIONAL ARCHIVES. Aerial Photography. Disponível em: <https://www.archives.gov/research/cartographic/aerial-photography> Acesso em: 07 de jan. de 2022.

PAREDES, E.A. **Introdução à Aerofotogrametria Para Engenheiros** – Universidade do Estado de Maringá. v.1. Maringá, PR, 1987.

RAMOS A.P.M. et. al. **Chave de Interpretação para o Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra da Bacia Hidrográfica do Alto Curso do Rio Santo Anastácio**. Presidente Prudente, SP, 2017.

RAMOS, F.R. **Perspectiva Dinâmica na Análise da Estrutura Espacial Urbana em Cidades de Rápido Crescimento no Pará** – Fundação Getúlio Vargas. São Paulo, SP, 2014.

RIGATTI, D. **Loteamentos, Expansão e Estrutura Urbana** – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. programa de pós-graduação em urbanismo, Porto alegre, 2001.

SARATHI P.R. & ROY, A. **Land Use and Land Cover Change: A Remote Sensing & GIS Perspective**. Journal of the Indian Institute of Science. 90. 489-502, 2010.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. Biblioteca Virtual. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Biblioteca-Virtual-1327.html> Acesso em: Acesso em 10 de dez. 2021.

SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA DE SANTA CATARINA. Disponível em: <http://sigsc.sc.gov.br/> Acesso em: 07 de jan. de 2022.

SILVA, D. N. **Evolução da Fotogrametria no Brasil** – Revista Brasileira de Geomática. Recife, PE, 2015.

SILVA, S. M. **Disparidades no Espaço Urbano de Marabá: Expansão, Acumulação e Exclusão** – Universidade Federal do Pará. Trabalho de Conclusão de Curso. Marabá, PA, 2012.

SPOHR. R.B. **Fotogrametria e Fotointerpretação** – Universidade Federal de Santa Maria. Frederico Westphalen, RS, 2009.

TOMMASELLI, A.M.G. **Fotogrametria Básica, Introdução**, Brasil, 2009.

TEMBA, P. **Fundamentos da Fotogrametria**- Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2000.

USGS EARTH EXPLORER. Disponível em: <https://earthexplorer.usgs.gov/> Acesso em: 09 de jan. de 2022.

WOLF P. R. **Elements of Photogrammetry**. Estados Unidos da América, USA, 1974.