

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS – UEA
ESCOLA NORMAL SUPERIOR – ENS
LICENCIATURA EM GEOGRAFIA**

CRISTIANE NUNES FERNANDES

**AVALIAÇÃO DAS IMAGENS PLANETSCOPE PARA
MONITORAMENTO DE ÁREAS URBANAS EM MANAUS-AM**

MANAUS – AM

2021

CRISTIANE NUNES FERNANDES

**AVALIAÇÃO DAS IMAGENS PLANETSCOPE PARA
MONITORAMENTO DE ÁREAS URBANAS EM MANAUS-AM**

Trabalho de Conclusão de Curso entregue ao Curso de Geografia, como requisito parcial para obtenção do grau de licenciado em Geografia.

Orientador: Flávio Wachholz

MANAUS – AM

2021

CRISTIANE NUNES FERNANDES

**Avaliação das Imagens PlanetScope para Monitoramento de Áreas Urbanas
em Manaus-AM**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade do Estado do
Amazonas para a obtenção do título de licenciado em Geografia

BANCA EXAMINADORA

Presidente: Prof. Dr. Flavio Wachholz

1º avaliador: Prof. Dr. Julien Marius Reis Thévenin

2º avaliador: Prof^a. Ma. Isabela Soares Colares

Manaus, 04 de Agosto de 2021

AGRADECIMENTOS

Tenho muito a agradecer a Deus pois foram tempos muito difíceis em 2020 e a minha fé foi essencial para encarar e segurar a barra.

Também quero agradecer a minha família que foi meu alicerce nessa fase complicada da vida, no qual eu perdi meu pai Nilson em agosto/2020 e minha mãe Irineia em dezembro/2020, me dando todo apoio e carinho que eu precisava nesse momento o meu marido Edson e minha filha Eva, e meus irmãos Adriane, Nielcy, William e Victoria que me deram forças pra continuar e me perdoaram por estar ausente quando foi necessário.

A FAPEAM e a UEA pela oportunidade de poder ter desenvolvido 2 projetos no PAIC.

A todos os meus professores que durante a graduação nos proporcionaram momentos incríveis compartilhando seus conhecimentos conosco, mas em especial ao Prof. Dr. Flávio Wachholz, que além de ter sido meu orientador, foi a pessoa mais paciente e compreensiva dando orientações ao longo da pesquisa.

As minhas amigas, Jacilane, Natália e Val, que sempre foram as maiores incentivadoras em relação a estudos, estiveram ao meu lado aplaudindo minhas metas alcançadas, sonhos e objetivos.

Aos amigos que fiz durante o curso até a conclusão de mais essa etapa e espero poder levar para o resto da minha vida, entre eles o seu Nelson, a Bianca e o Janderson, pois foi muito bom conviver com vocês, sempre formando equipe na realização dos trabalhos, assim como aos outros colegas de sala em que vivemos momentos muito divertidos, obrigada pelas conversas e momentos que compartilhamos.

Sentirei saudade!!!!

*7Combati o bom combate, terminei a corrida, guardei a fé.
8Agora me está reservada a coroa da justiça, que o Senhor,
justo Juiz, me dará naquele dia; e não somente a mim, mas
também a todos os que amam a sua vinda. 2 Timóteo 4:7-8.
(Bíblia Sagrada)*

Em memória de Nilson e Irineia, meus pais.

RESUMO

A área urbana da cidade de Manaus cresceu sem planejamento adequado, acompanhada de desmatamento e ocupações irregulares, com localidades sem infraestrutura básica (saneamento, sistema viário, energético, etc). Por outro lado, a utilização de dados orbitais de forma remota, em alta resolução, para a detecção e o monitoramento da Terra requer um custo elevado na análise, fazendo com este recurso se torne limitado. O objetivo da pesquisa foi analisar o potencial das imagens Planet para monitoramento de áreas urbanas em Manaus-AM, em um período de 5 anos (junho/2016 a maio/2021). O mapa-base foi elaborado no *software* Qgis 3.16 com bases vetoriais do IBGE. Foi realizada uma consulta do catálogo de imagens da *PlanetScope* para verificar as imagens de satélite disponíveis na plataforma. As imagens foram selecionadas em diferentes filtragens de nuvens, que posteriormente foram tabeladas para análise e discussão, realizando este mesmo processo em três áreas para estudo, sendo a área urbana de Manaus, o perímetro do incêndio ocorrido no bairro Educandos e na área da ocupação irregular Monte Horebe. Foi analisado os parâmetros climáticos que sofreram alterações, e assim mostrar a importância de relacionar intensidade da frequência das precipitações com a quantidade de imagens disponíveis. Como resultado, não aplicando o filtro de 100% de cobertura da área e 0% de nuvens, foram encontradas 2.371 imagens para a área urbana de Manaus, caracterizando um estudo exitoso, haja vista que ao longo desse período esperava-se obter apenas 1.825 (365 dias/ano), devido ao fato de ser um satélite com revisita diária. O mesmo pode-se dizer para as análises feitas para o bairro de Educandos com 1.574 imagens, e para o bairro Lago Azul com 1.629. Porém com a variação climática em Manaus, principalmente em relação à precipitação na área urbana de Manaus, que contrasta diretamente com a quantidade de imagens disponibilizadas na plataforma da *Planet Explorer* com filtro de 0% de nuvens nas áreas urbanas, dos bairros Educandos e Lago Azul, há apenas 37, 240 e 205 imagens disponíveis nas respectivas áreas, diminuindo as possibilidades de estudo. O estudo relacionou os parâmetros climáticos com as imagens disponibilizadas, então, os meses que são melhores para trabalhar com a *Planet* na área urbana de Manaus estão nos meses de julho e agosto, quando ocorre a menor incidência de chuva e conseqüentemente, menor cobertura de nuvem.

Palavras-chave: PlanetScope; Ocupações Irregulares; Área Urbana de Manaus.

ABSTRACT

The urban area of the city of Manaus grew without adequate planning, accompanied by deforestation and irregular occupation, with places without basic infrastructure (sanitation, road system, energy, etc.). On the other hand, the use of orbital data remotely, in high resolution, for the detection and monitoring of the Earth requires a high cost in the analysis, making this resource limited. The objective of the research was to analyze the potential of Planet images for monitoring urban areas in Manaus-AM, in a period of 5 years (June/2016 to May/2021). The base map was prepared using the Qgis 3.16 software with IBGE vector bases. A PlanetScope catalog query was carried out to verify the satellite images available on the platform. The images were selected in different cloud filters, which were later tabulated for analysis and discussion, carrying out the same process in three areas for study, being the urban area of Manaus, the perimeter of the fire that occurred in the Educandos neighborhood and in the area of irregular occupation Mount Horeb. We analyzed the climatic parameters that underwent changes, and thus show the importance of relating the intensity of rainfall frequency with the amount of available images. As a result, not applying the filter of 100% coverage of the area and 0% of clouds, 2,371 images were found for the urban area of Manaus, characterizing a successful study, given that during this period it was expected to obtain only 1,825 (365 days/year), due to the fact that it is a daily revisit satellite. The same can be said for the analyzes carried out for the Educandos neighborhood with 1,574 images, and for the Lago Azul neighborhood with 1,629. However, with the climatic variation in Manaus, mainly in relation to precipitation in the urban area of Manaus, which contrasts directly with the amount of images available on the Planet Explorer platform with a 0% cloud filter in urban areas, in the Educandos and Lago Azul neighborhoods , there are only 37, 240 and 205 images available in the respective areas, reducing the possibilities of study. The study related the climatic parameters with the available images, so the months that are best to work with Planet in the urban area of Manaus are in the months of July and August, when there is the lowest incidence of rain and, consequently, the lowest cloud coverage.

Key-word: PlanetScope; Irregular Occupations; Manaus Urban Area.

LISTA DE FIGURAS

Fig. 01: Evolução histórica dos sistemas de Detecção Remota.....	18
Fig. 02: Obtenção de imagens por sensoriamento remoto.....	20
Fig. 03: Imagem LandSat 8 Cena 13/12/2020 Composição RGB	23
Fig. 04: Imagem Planet Cena 22/06/2020.....	23
Fig. 05: Domicílios em aglomerados subnormais em todo país.	34
Fig. 06: Vista da área do bairro Educandos antes do incêndio	34
Fig. 07: Foco de ocupação irregular em área protegida.....	35
Fig. 08: Mapa de localização da área de estudo.....	38
Fig. 09: Ambiente de trabalho da plataforma Planet Explorer	39
Fig. 10: Ambiente de trabalho da plataforma Planet Explorer	40
Fig. 11: Mapa de pontos extremos de Manaus	41
Fig. 12: Carta-imagem da área de estudo Educandos, cena 19/11/2018	49
Fig. 13: Carta-imagem da área de estudo Educandos, cena 05/03/2019	50
Fig. 14: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 17/07/2016.....	53
Fig. 15: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 11/06/2017.....	54
Fig. 16: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 03/01/2020.....	55
Fig. 17: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 01/04/2020.....	56
Fig. 18: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 23/05/2021.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Dados comparativos dos parâmetros climatológicos mensal e anual de Precipitação nos períodos de 2016 a 2021	43
Tabela 02: Disponibilização anual de imagens Planet na área urbana de Manaus-AM	45
Tabela 03: Disponibilização mensal de imagens Planet na área urbana de Manaus-AM.....	45
Tabela 04: Disponibilização anual de imagens Planet na área de estudo do Educandos	47
Tabela 05: Disponibilização mensal de imagens Planet na área de estudo do Educandos	48
Tabela 06: Disponibilização anual de imagens Planet na área de estudo do bairro Lago Azul	51
Tabela 07: Disponibilização mensal de imagens Planet na área de estudo do bairro Lago Azul	52

LISTA DE QUADROS

Quadro 01: Resoluções espaciais dos diferentes satélites para comparação	22
Quadro 02: Características do sensor TM com resoluções espaciais e espectrais dos satélites LandSat 4 e 5.....	28
Quadro 03: Características do sensor HRV com resoluções espaciais e espectrais dos satélites SPOT.....	28
Quadro 04: Características dos sensores PAN e MS com resoluções espaciais e espectrais dos satélites IKONOS	29
Quadro 05: Características dos sensores PAN e MS com resoluções espaciais e espectrais dos satélites QuickBird.....	30
Quadro 06: Características do satélite Planet	31
Quadro 07: Comparação dos diferentes sensores em relação a quantidade de imagens disponíveis	58

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Dados de Precipitação Total Mensal (mm) de 2016 a 2021	43
Gráfico 2: Dados das Médias de Precipitação Total Mensal (mm) de 2016 a 2021	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1	Evolução do Sensoriamento Remoto Orbital	17
2.2	Fundamentos do Sensoriamento Remoto.....	19
2.3	Principais sensores remotos	25
2.3.1.	CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite)	26
2.3.2.	Landsat (Land Remote Sensing Satellite)	27
2.3.3.	SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre)	28
2.3.4.	IKONOS.....	29
2.3.5.	QuickBird	29
2.4	Constelações de satélites e importância para o monitoramento	30
2.5	Crescimento urbano em Manaus-AM.....	33
3	METODOLOGIA	37
4	DISCUSSÃO DOS RESULTADOS	41
4.1	Caracterização da área urbana de Manaus-AM com a avaliação das imagens PlanetScope para o monitoramento	41
4.1.1.	Comparação de dados climatológicos da cidade de Manaus/AM dos anos de 2016-2021	42
4.1.2.	Filtragem anual de imagens Planet na área urbana de Manaus-AM...44	
4.1.3.	Filtragem mensal de imagens Planet com filtro de 100% de cobertura da área e 0% de cobertura de Nuvem	45
4.2	Caracterização da área no bairro Educandos em Manaus-AM com avaliação das imagens PlanetScope para monitoramento	46
4.2.1.	Filtragem anual de imagens Planet no bairro Educandos em Manaus-AM	46
4.2.2.	Filtragem mensal de imagens Planet com filtro de 100% de cobertura da área e 0% de cobertura de nuvem do bairro Educandos	47
4.2.3.	Comparação de imagens em períodos distintos.....	48
4.3.	Caracterização da área no bairro Lago Azul em Manaus-AM com avaliação das imagens PlanetScope para monitoramento	50
4.3.1.	Filtragem anual de imagens Planet no bairro Lago Azul em Manaus-AM	51
4.3.2.	Filtragem mensal de imagens Planet com filtro de 100% de cobertura da área e 0% de cobertura de Nuvem	52
4.3.3.	Comparação de imagens em períodos distintos.....	52

4.4.	Síntese do que foi abordado sobre o uso das imagens Planet	57
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
6	REFERÊNCIAS.....	63

1 INTRODUÇÃO

A capital do Amazonas, Manaus, é a cidade mais populosa do estado, com uma população de 1.802.014 hab. segundo os dados do último censo realizado em 2010, porém estima-se que em 2020 a população era cerca de 2.219.580 hab. (IBGE, 2017). Essa metrópole possui um importante complexo industrial do país, a Zona Franca de Manaus, porém o crescimento rápido deste centro urbano aconteceu de forma não planejada

Manaus cresceu sem planejamento adequado, acompanhada de desmatamento e ocupações irregulares, com diversas localidades sem infraestrutura básica (saneamento, sistema viário, energético, etc), na área urbana. O monitoramento das áreas de interesse vem sendo foco de políticas públicas em função das ocorrências de desmatamento, mudanças do uso e cobertura da terra, alterações antrópicas. Desta forma, o uso de ferramentas de geoprocessamento permite a compreensão mais abrangente da paisagem para a detecção das mudanças, bem como a aplicação do sensoriamento remoto nesta atividade, devido ao tamanho do território brasileiro.

Segundo Fearnside (2006), os atores e as forças que conduzem ao desmatamento variam entre partes diferentes da região, e variam ao longo do tempo, pois muitos processos estão atualmente fora de controle do governo, e dentre esses fatores influenciadores está a expansão urbana em Manaus.

O monitoramento da área urbana de Manaus utilizando sensoriamento remoto é importante para identificar a crescente expansão do território em relação os dados demográficos desta cidade e o quanto os impactos gerados dessa ocorrência pode refletir no uso e cobertura do solo. O uso de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) como técnica para esse estudo torna viável o mapeamento contínuo dessas áreas, pela gama de recursos que permitem estimar o seu processo de evolução.

Fitz (2010) destaca que o geoprocessamento utiliza um Sistema de Informações Geográficas (SIG) para realizar levantamentos e análises de informações georreferenciadas para planejar e/ou gerenciar um espaço específico. A utilização de dados orbitais de forma remota para a detecção e o monitoramento da Terra requer um custo elevado na análise, fazendo com este recurso se torne limitado.

O Sensoriamento Remoto (SR) tem como principal característica a habilidade de coletar uma longa série temporal de dados. Este oferece técnicas e recursos para a análise do comportamento das bandas espectrais que, conforme Ferreira *et al.* (2013), consegue abordar todos os aspectos relacionados à dinâmica das pastagens, demonstrando sua capacidade para estabelecer padrões e de fato discriminar parâmetros biofísicos na vegetação, e segundo Ponzoni *et al.* (2012) é possível auxiliar na compreensão da dinâmica florestal, apresentando um potencial para ser utilizado na agricultura, pois pode-se obter informações sobre estimativa de área plantada, produção agrícola, entre outros.

No Brasil, a SCCON (Santiago e Cintra Consultoria) é a distribuidora das imagens e produtos Planet, e nesta plataforma afirma que com seu Banco de Dados próprio, integrado à API Planet, “disponibiliza as imagens diárias de forma ágil, processadas e qualificadas de acordo com as necessidades dos usuários e com suporte dedicado” (SCCON GEOSPATIAL, 2021). Essa afirmação gerou a hipótese de que as imagens de satélites Planet permitiriam o monitoramento anual e mensal das modificações do uso e cobertura do solo na área urbana de Manaus/AM assim como um estudo diário, dependendo da escala desejada, assim como as características próprias da imagem, sua resolução e sua gratuidade.

Tendo como objetivo geral analisar o potencial das imagens Planet no período de 5 anos para monitoramento de áreas urbanas em Manaus-AM e objetivos específicos verificar as imagens disponíveis no catálogo da Planet para as áreas urbanas da cidade e os bairros Educandos e Lago Azul em Manaus-AM comparando com os dados climatológicos; Investigar as possibilidades de uso mensal e anual no período de 5 anos das imagens PlanetScope, e; Avaliar a utilização de imagens Planet aplicadas na área urbana de ocupações irregulares em Manaus-AM.

Sendo assim, a partir das imagens de satélite obtidas através do sensoriamento remoto, ligado ao SIG, é possível se fazer análise temporal e espacial de diferentes fenômenos, pois a aplicação de ambos nos permite obter informações sobre objetos ou alvos na superfície terrestre.

Organizado em torno desse leque temático, este trabalho aborda em seu referencial teórico sobre a linha do tempo do sensoriamento remoto orbital trazendo referências como Florenzano (2007), Figueiredo (2005) e Ponzoni (2012), faz uma abordagem sobre as Resoluções do Sensoriamento Remoto, bem como seus fatores

de influência para o uso do monitoramento terrestre, assim como também trata das Constelações de Satélites e sua importância na aquisição da imagem.

O Sensoriamento Remoto aplicado ao estudo do ambiente urbano dá subsídio para o planejamento do território e seu monitoramento.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Evolução do Sensoriamento Remoto Orbital

Segundo Jensen (2009), a energia eletromagnética refletida sobre a terra pode ser obtida remotamente por diversos sistemas, sendo a câmera o mais antigo, útil e confiável instrumento para a obtenção de imagens aéreas em plataformas suborbitais e orbitais.

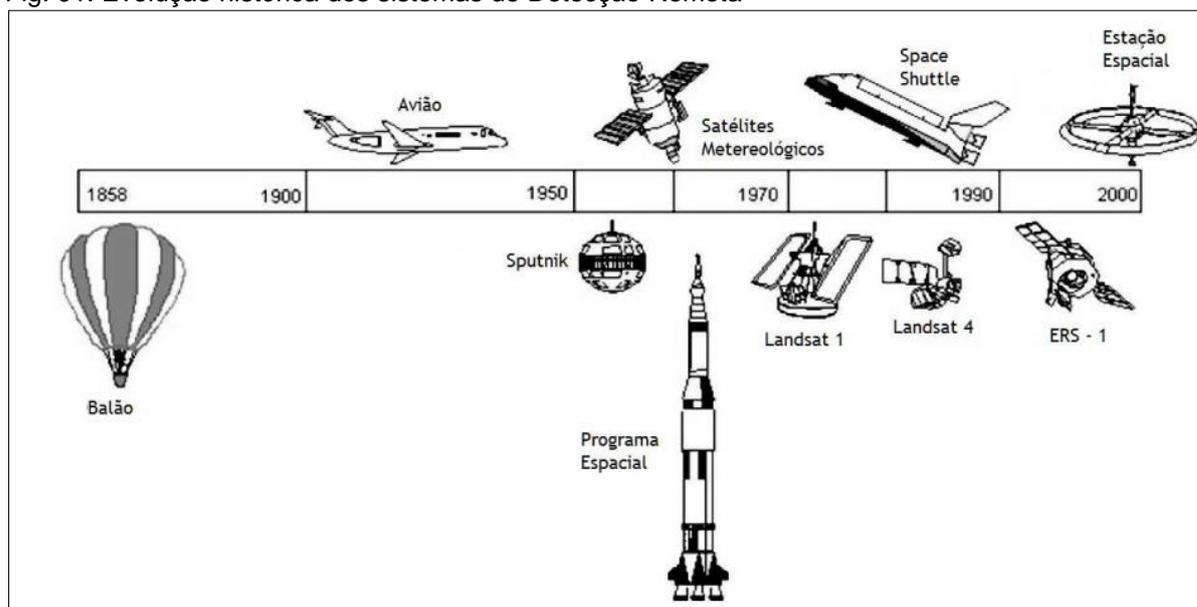
De acordo com Figueiredo (2005), o surgimento do SR iniciou com o uso de uma leve câmera fotográfica com disparador automático e ajustável, carregadas com pequenos rolos de filmes, fixadas ao peito de pombos-correios, que eram levados para locais escolhidos de modo que, ao se dirigirem para o local de suas origens, sobrevoavam posições inimigas, estrategicamente para uso militar. Esta é a ciência chamada de Aerofotogrametria.

Em 1858, com Gaspard Felix Tournachon sob um balão, foi obtida a primeira fotografia aérea dando início ao que hoje chamamos de levantamento aéreo. "Em 1903, Julius Neubronner patenteou uma câmera aérea atada ao peito de pombos correios que pesava apenas 70g (JENSEN, 2009, p. 73)."

Entre 1907 e 1930, surgiram muitas companhias de aviação nos Estados Unidos, Alemanha, França e Inglaterra para reconhecimento fotográfico nas Primeira e Segunda Guerras Mundiais. Em 1908 inicia-se a fotografia tomada por aviões, que durante a Primeira Guerra Mundial se intensificou, sendo reconhecido o seu valor no auxílio às táticas militares onde as fotografias aéreas mapeavam áreas com pouca informação, com destaque para as estratégias desenvolvidas através das imagens obtidas que mudaram o rumo da história, pois foram realizados mapeamento de áreas e observação de posicionamento de trincheiras, estradas e localização de armamento e munição, material bélico do inimigo (JENSEN, 2009).

Durante a Segunda Guerra Mundial, na corrida espacial, com o desenvolvimento do filme infravermelho, para detectar camuflagem, diferenciando a vegetação de alvos pintados de verde, onde a partir do avanço nos sistemas de comunicação, foram sendo introduzidos novos sensores, com o lançamento de satélites e o uso do radar (Fig. 01).

Fig. 01: Evolução histórica dos sistemas de Detecção Remota



Fonte: Chuvieco, 1995 (apud MARTINS, 2012)

Em 1957 foi lançado o primeiro satélite na órbita da Terra, o Sputnik 1, desenvolvido pelo programa espacial soviético, iniciando a corrida espacial onde norte-americanos e soviéticos disputavam a hegemonia do mundo. Em contrapartida, os norte-americanos lançaram o satélite Vanguard que não obteve sucesso, e em 1958, lançou o Explorer 1 e criou a NASA, agência para coordenar o programa espacial dos EUA (MUNDO EDUCAÇÃO, 2021). Os Estados Unidos iniciaram a operação do projeto Corona em 1959, porém ambos os países iniciaram seus programas espaciais de reconhecimento orbital em 1956 (JENSEN, 2009).

Em 1960, o primeiro satélite meteorológico lançado para observação infravermelho da televisão foi o TIROS-1 (*Television Infrared Observation Satellite*) e demonstrou a viabilidade de monitorar a cobertura de nuvens da Terra e os padrões climáticos do espaço em seus 78 dias de operação (NASA TV, 2010). Mesmo com a evolução do imageamento, os primeiros satélites não forneciam bons dados ambientais da superfície terrestre. De acordo com Paranhos Filho *et al.* (2021), o programa Gemini foi o primeiro a ter uma finalidade formal de elaborar fotografias da superfície terrestre a partir do espaço com objetivo dirigido à geologia.

Em 1972, foi desenvolvido o Landsat (*Land Remote Sensing Satellite*), da NASA (*National Aeronautics and Space Administration*), com o programa ERTS 1 (*Earth Resources Technology Satellite*), sendo o primeiro a obter de forma sistemática, imagens terrestres sinópticas de média resolução e equipamentos com sensores MSS (*Multispectral Scanner System*), capaz de coletar imagens separadas

em bandas espectrais em formato digital (FIGUEIREDO, 2005), sendo sensores que leem respostas espectrais em ao menos quatro intervalos diferentes do espectro eletromagnético.

A partir do ano de 1973, o Brasil passou a receber as informações do sistema Landsat através do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) com o maior acervo registrado para estudos sobre a superfície terrestre (NOVO, 2010).

Em 1999 foi lançado o Landsat 7, equipado com os sensores ETM (Enhanced Thematic Mapper) e PAN (Pancromático), porém apresentou problemas no mecanismo do sensor em 31 de maio de 2003, encerrando suas atividades.

Para dar continuidade ao programa, foi lançado em fevereiro de 2013, o satélite Landsat 8, o qual transporta dois instrumentos, o OLI (Operational Land Imager) e o TIRS (Thermal Infrared Sensor). Esses sensores fornecem cobertura global da Terra, com resolução espacial de 30 metros (nas bandas do visível, NIR, SWIR), 100 metros (banda termal) e 15 metros (banda pancromática) (NASA, 2014 apud PARANHOS FILHO *et al.*, 2021).

Em 1988, os governos do Brasil e da China assinaram um acordo de parceria envolvendo o INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) e a CAST (Academia Chinesa de Tecnologia Espacial) para o desenvolvimento de dois satélites avançados de sensoriamento remoto, denominado Programa CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*), Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres.

Os satélites Ikonos (1 m ao solo) e Quickbird (0,60 m) iniciam o comércio de imagens de alta resolução espacial (pixels com menos de 10 m ao solo), no fim da década de 1990.

O satélite World View-3 na banda pancromática foi lançado em 2014, com área mínima de cobertura de 25 km² com 3 km de largura e imagens de 31 cm.

O World View-4 foi lançado em 2016 completando a família World View, com a mesma resolução de 31 cm na banda pancromática, possibilitando realizar cartografia 2D e 3D e detectar mudanças e análises com melhor resolução. (ENGESAT, 2020).

2.2 Fundamentos do Sensoriamento Remoto

Segundo Florenzano (2007), o Sensoriamento Remoto (SR) é a tecnologia que permite obter imagens e outros tipos de dados terrestre, por meio da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície, à distância, sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre (Fig. 02).

Fig. 02: Obtenção de imagens por sensoriamento remoto



Fonte: Florenzano, 2007

A energia solar e o calor emitido pela superfície da Terra são fontes naturais para obter dados a distância, como também pode ser usado uma fonte de energia artificial de um flash de máquina fotográfica ou de radar. Com o uso dessa propagação de luz, os sensores ópticos conseguem detectar os objetos em análise, que dependendo do tipo de cobertura do solo, terá uma resposta espectral diferente, que a distingue dos demais tipos de cobertura, gerando assim uma assinatura espectral.

Os processos de atenuação mais importantes que afetam a propagação da radiação eletromagnética pela atmosfera são a absorção, onde há regiões que ela é relativamente pequena, e o espalhamento, em que a radiação solar incidente na atmosfera gera um campo de luz difusa e se propaga em todas as direções (ROSA, 2009, p. 37-38).

Conforme Paranhos Filho *et al.* (2021), o sensor capta a radiação eletromagnética emitida pela superfície do alvo, por exemplo, os tipos de cobertura do solo que absorvem uma porção específica do espectro eletromagnético em comprimentos de ondas bem específicos, resultando numa "assinatura" distinta de radiação eletromagnética, e dependendo do comprimento de onda absorvida por certas feições e a intensidade da refletância, pode-se analisar uma imagem de sensoriamento remoto e se fazer suposições acuradas sobre a cena.

A radiação eletromagnética (REM) é captada e registrada pelos sistemas sensores e em seguida analisada e interpretada, com tecnologias avançadas é possível se obter imagens de alta resolução espectral e espacial. Segundo Rosa (2009), o sensor é um dispositivo capaz de responder à radiação eletromagnética em determinada faixa do espectro eletromagnético, constituída por um coletor (antena) e um sistema de registro (filme).

A classificação dos sistemas sensores utilizados na aquisição e registros de informações de alvos se dá segundo:

- a resolução espacial, sendo imageadores e não-imageadores;
- a fonte de radiação, podendo ser ativa e passiva; e
- o sistema de registro, em fotográfico e não-fotográfico.

O sensor transforma a energia em um sinal passível de ser convertido em informação sobre o ambiente, registrando e gerando um produto para ser interpretado pelo usuário conforme os parâmetros atribuídos às resoluções da imagem.

A **resolução espacial** é a capacidade que um sensor tem para discriminar objetos em função do seu tamanho, ou seja, é a dimensão do pixel, correspondendo a menor parcela imageada, sendo o pixel indivisível. Segundo Figueiredo (2005), “é impossível identificar qualquer alvo dentro de um pixel, pois seu valor integra todo o feixe de luz proveniente da área do solo correspondente ao mesmo”. Quanto menor a dimensão do pixel, maior é a resolução espacial da imagem, portanto, conforme Paranhos Filho *et al.* (2021) resolução espacial é a dimensão ao solo representada pelo pixel da imagem. Imagens de maior resolução espacial têm melhor poder de definição dos alvos terrestres, permitindo a obtenção de uma forma mais aproximada da realidade, sendo possível observar uma quantidade maior de detalhes, como o contorno do rio ou os elementos de relevo e cobertura do solo.

Tomando como exemplo um sensor com resolução espacial de 10m, capaz de detectar objetos maiores que 10 m x 10 m (100 m²), e um sensor com resolução espacial de 1 m, capaz de identificar árvores de um pomar ou carros estacionados em uma rua, serão pontos de partida na tomada de decisão sobre a escolha de qual satélite usar dependendo da análise a ser feita.

Pela resolução espacial de uma imagem pode-se observar o nível de detalhamento de um objeto na superfície terrestre, demonstrando assim a capacidade do sensor em “enxergar” o tamanho deste objeto. O Quadro 01

apresenta as resoluções espaciais dos diferentes sensores na identificação de objetos nas cenas.

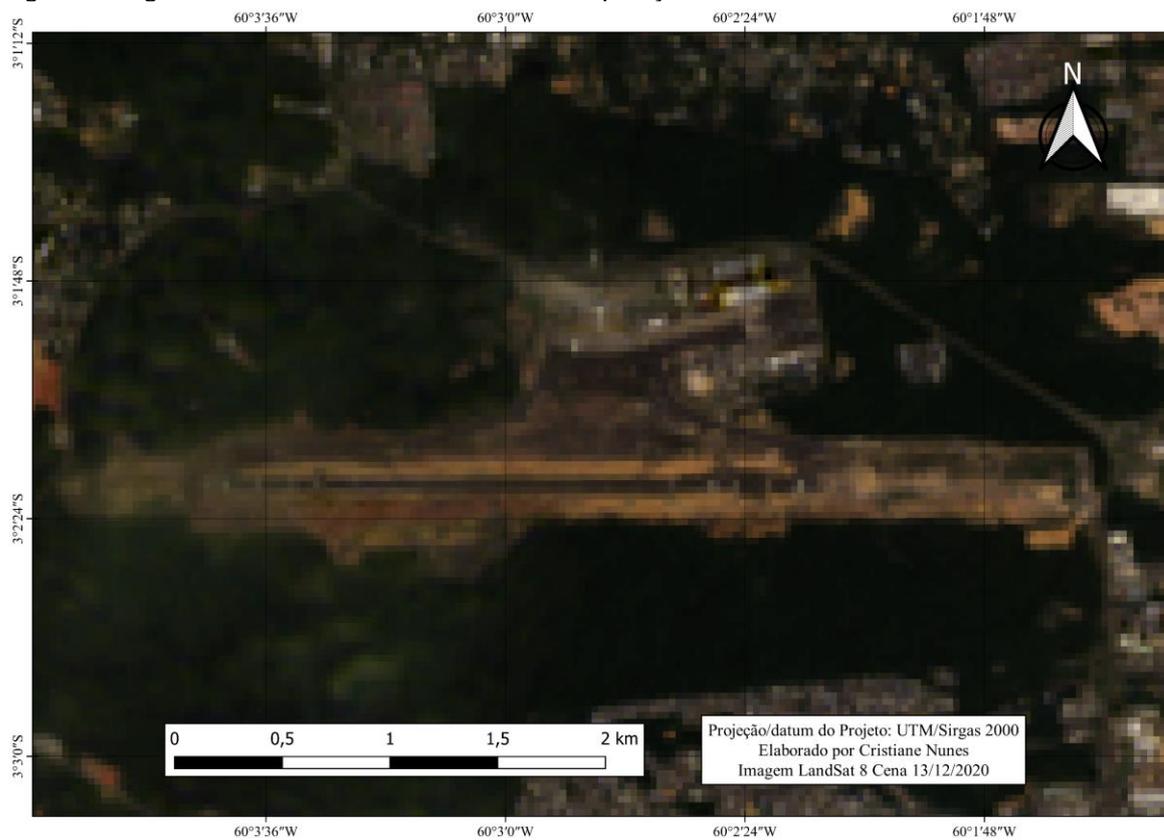
Quadro 01: Resoluções espaciais dos diferentes satélites para comparação

Satélite / Sensor	Resolução Espacial
CBERS / PAN	5m
CBERS / MUX	20m
Landsat-8 / OLI	30m
Landsat-8 / PAN	15m
Landsat-8 / TIRS 1	100 m - Tratada e disponibilizada com pixel de 30 m
Landsat-8 / TIRS 2	
Planet / Dove	3m
QuickBird-2 / CCD - PAN	0,61m a 0,72m
QuickBird-2 / CCD - MS	2,4m a 2,8m
SPOT-5 / 2HRGs	2.5 m ou 5 m
SPOT-5 / 2HRGs	10m
SPOT-5 / Vegetation 1	1km
SPOT-5 / HRS	10m
SPOT-4 / 2HRVIRs	10m
	20m
SPOT-4 / Vegetation 2	1km
SPOT-1	10m
SPOT-2 / 2HRVs	20m
SPOT-3	

Fonte: Adaptado de Oliveira, 2018 e Fernandes, 2005)

Para fins de comparação, na imagem LANDSAT que têm resolução espacial de 30 m (Fig. 03) e na imagem Planet que tem resolução de 3 m (Fig. 04), ambas da área do Aeroporto de Manaus Eduardo Gomes, pode-se observar a diferença entre elas.

Fig. 03: Imagem LandSat 8 Cena 13/12/2020 Composição RGB



Fonte: USGS Explorer, 2021

Fig. 04: Imagem Planet Cena 22/06/2020



Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2020

Uma informação importante a ser considerada durante a análise da resolução espacial é o IFOV (*Instantaneous Field Of View*) que é a medida da área visualizada por um único detector em um dado instante, sendo o campo de visão instantâneo do sensor, que não é sempre a mesma área representada por cada pixel, uma vez que a dimensão do pixel é responsável pela delimitação acurada do alvo que se deseja identificar ((PARANHOS FILHO *et al.*, 2021).

A **resolução temporal**, é a frequência de imageamento sobre uma mesma área ou objeto, ou seja, é o intervalo de tempo necessário para que o satélite reamostre o mesmo ponto sobre a superfície terrestre ((PARANHOS FILHO *et al.*, 2021), sendo o período de tempo em que o satélite volta a visitar uma mesma área. O satélite *Planet* tem resolução temporal diária, portanto menor que o LANDSAT que é de 16 dias.

A **resolução espectral** é a capacidade do sensor para discriminar objetos em função da sua sensibilidade espectral, haja vista que a Radiação Eletromagnética (REM) é decomposta pelos sensores em faixas espectrais de larguras variáveis, sendo as bandas espectrais. Quanto mais estreita for a faixa espectral da qual um sensor capta dados, maior é a possibilidade de registrar variações de energia refletida pelo objeto e maior é a resolução espectral da imagem. Alguns sensores apresentam resolução espectral tão fina que são chamados hiperespectrais, com bandas geralmente medidas em nanômetros.

De acordo com Paranhos Filho *et al.* (2021), a resolução espectral refere-se ao intervalo de comprimento de ondas do espectro eletromagnético amostrado. Por exemplo as imagens Landsat TM apresentam 7 bandas, sendo 3 no visível, 1 no infravermelho próximo, 2 no infravermelho médio e 2 no termal; enquanto para as imagens PlanetScope tem 4 bandas, sendo 3 no visível e 1 no infravermelho próximo. Comparativamente entre os dois sensores, Landsat TM apresenta melhor resolução espectral.

A **resolução radiométrica** é a capacidade de um sensor discriminar a intensidade de energia refletida ou emitida pelos objetos, associada a faixa de valores numéricos aos pixels (ou níveis de cinza) representando a intensidade da radiância proveniente da área do terreno correspondente ao pixel, correspondendo a uma imagem digital. O olho humano não tem percepção suficiente para notar as diferenças entre alguns níveis de resolução radiométrica.

De acordo com Paranhos Filho *et al.* (2021), resolução radiométrica “é a quantidade máxima de níveis de informação em que a imagem pode ser obtida, é a amplitude de valores possíveis para os *digital numbers* (DN – Números Digitais) dos pixels que compõem a imagem”.

Como a faixa de valores dos números digitais depende da quantidade de bits utilizada para cada pixel, então o nível de cinza será igual a 2^{QtdBits} (dois elevado a quantidade de bits).

As imagens LANDSAT e SPOT utilizam 8 bits para cada pixel, portanto, o máximo valor numérico de um pixel destas imagens é 255, são todas as combinações possíveis de bits ligados e desligados. Desta maneira, a intensidade da REM é quantificada, na imagem LANDSAT, em valores entre 0 e 255. As imagens NOAA utilizam 10 bits, portanto, o valor máximo do nível de cinza de um pixel NOAA é 1023. Estas têm, portanto, resolução radiométrica maior que as imagens do LANDSAT e do SPOT cuja faixas variam de 0 e 255 (FIGUEIREDO, 2005, p.14).

Por exemplo, as imagens de alta resolução espacial do IKONOS (1 m no modo pan) e do Quickbird (60 cm, banda pan) possuem resolução radiométrica de 11 bits, ou seja, 2048 possíveis valores para os números digitais, mas a Planet com resolução espacial de 3m tem resolução radiométrica de 12 bits, sendo 4096 possíveis valores para os números digitais.

2.3 Principais sensores remotos

Com o surgimento dos lançamentos de satélites através de equipamentos sensores colocados em plataformas, o sensoriamento remoto passou a ser de nível orbital, com isso a aquisição de dados tornou-se mais acessível seja para o monitoramento terrestre, seja para aplicações nos reconhecimentos de diversas áreas, ainda que seus investimentos iniciais não fossem para este tipo de emprego, mas sim para o uso de obtenção de dados meteorológicos, porém despertaram a atenção pela tecnologia espacial durante a corrida das potências hegemônicas dos Estados Unidos da América (EUA) e da União das Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) (NOVO, 2010).

Dentre os sensores disponibilizados no mercado, sejam aqueles ativos ou inativos, alguns tem maiores destaques pela sua performance na aquisição dos dados, com os melhores resultados para resoluções espacial, temporal, espectral (pela sua quantidade de bandas disponíveis) e radiométrica, pois são fatores importantes no momento da tomada de decisão.

2.3.1. CBERS (China-Brazil Earth Resources Satellite)

Este programa assinado com acordo em 1988 entre Brasil e China buscou minimizar o alto custo relacionado a aquisição de imagens de satélites, permitindo a pesquisadores e usuários uma disponibilidade de imagens com maior qualidade, com satélites próprios para monitoramento e ganhando autonomia no setor e significativos avanços científicos ao Brasil.

O Programa CBERS, Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres, iniciou com dois satélites idênticos, órbitas hélio-síncronas a uma altitude de 778 km, lançado pelo foguete chinês Longa Marcha 4B, e possuindo os sensores CCD, IRMSS e WFI, sendo o CBERS 1 e 2, fazendo 14 revoluções por dia, com cobertura completa da Terra em 26 dias, porém, atualmente, estão inativos (INPE, 2018).

A bordo dos satélites CBERS 1 e 2 estão os sensores WFI (imageador de visada larga), o CCD e o IR-MSS (varredor multiespectral infravermelho).

Em 2007, para evitar a interrupção no fornecimento de imagens, foi acordado o lançamento de mais um satélite, CBERS-2B que apresenta os mesmos instrumentos do CBERS-2, além da câmera HRC com resolução espacial de 2,5 m.

Neste acordo, os países regularizaram a distribuição de imagens CBERS para outros países em âmbito internacional com fins comerciais, e no Brasil, as instituições ligadas ao meio ambiente e recursos naturais são usuárias das imagens do CBERS (INPE, 2018).

Os satélites CBERS possuem os seguintes sensores:

- Câmera Imageadora de Alta Resolução (CCD)
- IRMSS (Imageador por Varredura de Média Resolução)
- WFI (Imageador de Amplo Campo de Visada)
- HRC (Câmera Pancromática de Alta Resolução)
- PAN (Câmera Pancromática e Multiespectral)
- MUX (Câmera Multiespectral Regular)
- IRS (Câmera Multiespectral e Termal)

O sensor CCD (Charge Coupled Device) possui um conjunto de vários detectores apresentando alta sensibilidade, porém exigindo calibração dos mesmos. Por ser de microeletrônica e silício acoplados em um circuito integrado requer um investimento maciço por parte das indústrias e governos da pesquisa e aplicação desse sensor (ROSA, 2009).

Estes países expandiram o acordo e incluíram os satélites da mesma categoria, CBERS-3 e 4, como uma segunda geração do programa tendo 50% da realização de participação brasileira. Com as características de 2080kg de massa total, 2300W de potência gerada e a taxa de dados de 300Mbits/s, este programa foi projetado para ter uma vida útil de 3 anos (INPE, 2018).

O lançamento do satélite CBERS-3 ocorreu em 2013, porém não obteve sucesso devido a falha no lançamento. O CBERS-4 e 4A estão em pleno funcionamento desde que foram lançados em 2014 e 2019, respectivamente. Como inovação tecnológica destes em relação aos anteriores, é o fato da câmera imageadora chinesa ter mais melhorias em relação a resolução geométrica e espectral (EMBRAPA, 2013).

2.3.2. Landsat (Land Remote Sensing Satellite)

Os satélites da série Landsat 1 estava equipado com dois sistemas sensores: MSS (*Multispectral Scanner System*), imageador multispectral que usa um espelho oscilante para varrer continuamente a superfície da terra numa direção perpendicular à direção do deslocamento da plataforma, e RBV (Return Beam Vidicon).

O Programa Landsat representou no século XX um modelo de missão de sensoriamento remoto de recursos naturais, principalmente porque permitiu incorporar, em seus sucessivos satélites, características requeridas pelos usuários dos dados. Para o Brasil, esse programa foi de fundamental importância, porque possibilitou consolidar e capacitar uma ampla comunidade de usuários (NOVO, 2010).

Em 1975, foi lançado o seu segundo satélite e a NASA renomeou, oficialmente, para Landsat. Em 1978 foi lançado o Landsat 3, que juntamente com o Landsat 1 e 2 estão atualmente desativados. Em 1982 foi lançado o Landsat 4. Em 1984 foi lançado o Landsat 5. Em 1993 foi lançado o Landsat 6, apresentando falhas logo após o lançamento e não chegou a imagear (PARANHOS FILHO *et al.*, 2021).

Os satélites Landsat 4 e 5 foram lançados com o sensor TM (*Thematic Mapper*) apresentando melhor resolução espacial, acurácia radiométrica e posicionamento geométrico em relação ao seu antecessor, o sensor MSS. As características do sensor TM podem ser observadas no Quadro 02.

Quadro 02: Características do sensor TM com resoluções espaciais e espectrais dos satélites LandSat 4 e 5

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Res. Radiométrica
TM (Thematic Mapper)	(B1) B	0.45 - 0.52	30 m	16 dias	185 km	8 bits
	(B2) G	0.52 - 0.60				
	(B3) R	0.63 - 0.69				
	(B4) IVP	0.76 - 0.90				
	(B5) IVM	1.55 - 1.75	120 m			
	(B6) IVT	10.4 - 12.5	30 m			
	(B7) IM	2.08 - 2.35				

Fonte: EMBRAPA, 2021

A plataforma USGS (*United States Geological Survey*) disponibiliza imagens de diversos satélites gratuitamente através de cadastro para usuário. Dentre estes, está o Landsat 8 que possui uma resolução temporal de 16 dias, dois sensores acoplados, o OLI e o TIRS, sendo nove bandas no sensor OLI e duas bandas no TIRS.

2.3.3. SPOT (Système Pour l'Observation de la Terre)

O governo francês, em 1978, planejou e projetou sistema operacional e comercial SPOT (*Satellite Pour l'Observation de la Terre*), com sucesso cinco satélites dessa série dos quais apenas do Sport 1 e 3 não se encontram mais em operação. A Spot Image, por ser uma empresa de interesse comercial, assegura o gerenciamento da aquisição de imagens pelo satélite e transmissão de dados às 21 estações receptoras equipadas e conveniadas, desenvolvendo as normas de distribuição e comercialização das imagens.

Possui dois instrumentos sensores a bordo HRV (High Resolution Visible) que podem ser usados na geometria de visada e no modo espectral, onde nas cenas com ângulo de visada, o efeito de perspectiva faz com que a área imageada possa ser mais larga até 80 km com visada de 27° lateralmente. As características do sensor HRV podem ser observadas no Quadro 03.

Quadro 03: Características do sensor HRV com resoluções espaciais e espectrais dos satélites SPOT

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
HRV	PAN	0,50 - 0,73	10 m	26 dias	60 x 60 km	6 bits (SPOT-1)
	XS1	0,50 - 0,59	20 m		100 km	8 bits
	XS2	0,61 - 0,68				
	XS3	0,78 - 0,89				

Fonte: EMBRAPA, 2021

Segundo Rosa (2009), dentre as características do Spot 5, tem-se o campo de visada ou a largura da faixa imageada permanecendo de 60 km de largura para cada instrumento, e a capacidade de visada oblíqua possibilita maior flexibilidade frequência e rapidez de acesso uma área de interesse.

2.3.4. IKONOS

Satélite de alta resolução espacial inativo desde 22 de janeiro de 2015, não obteve sucesso no lançamento do primeiro satélite da série, o IKONOS-I em abril de 1999 e com isso, o projeto do IKONOS-II teve que ser adiantado para entrar em órbita, tendo como local de lançamento a base da Força Aérea de Vandenberg, a uma altitude de 681 km, com os instrumentos sensores PAN e MS (EMBRAPA, 2021). As características dos sensores podem ser observadas no Quadro 04.

Quadro 04: Características dos sensores PAN e MS com resoluções espaciais e espectrais dos satélites IKONOS

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (μm)	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
PAN	PAN	0,45 - 0,90	1 metro	2,9 dias	faixas de 11 x 100 km até 11 x 1000km	11 bits
MS	AZUL	0,45 - 0,52	4 metros	1,5 dia		
	VERDE	0,52 - 0,60				
	VERMELHO	0,63 - 0,69				
	IVP	0,76 - 0,90				

Fonte: EMBRAPA, 2021

O satélite Ikonos II desenvolvido pela Space Imaging foi lançado em setembro de 1999 como o primeiro satélite comercial com resolução espacial de 1 m, fornecendo informações com qualidade e rapidez superiores aos padrões da época (ROSA, 2009).

Este satélite tem inclinação de 98,1°, tempo de duração da órbita de 98 min, resolução temporal com período de revisita de 3 dias, tinha o tempo de vida útil projetado para 8,5 anos, porém durou 16 anos.

2.3.5. QuickBird

A missão *Quickbird-1* lançado em 2000, mas não obteve sucesso quando a empresa norte-americana *EarthWatch Incorporated* relatou que perdeu contato com o seu primeiro satélite de alta resolução, devido a um erro ainda não identificado e o satélite parou de enviar sinais de status e posicionamento (MUNDOGEO, 2000).

Em 1995, a empresa EarthWatch foi uma das primeiras a adquirir licença do Ministério do Comércio dos Estados Unidos da América para construir e colocar em órbita um satélite de alta resolução, lançando em 2001 o satélite Quickbird-2, operando com o sistema sensor em 5 faixas espectrais (FONSECA E FERNANDES, 2004), tendo o término da sua operação em 2015.

Este satélite tem alta resolução espacial, suas imagens podem ser usadas para mapeamentos urbanos e rurais com alta precisão dos dados, em aplicações na área ambiental, como monitoramento de uso e cobertura da terra e desenvolvimento agrário. As características dos sensores podem ser observadas no Quadro 05.

Quadro 05: Características dos sensores PAN e MS com resoluções espaciais e espectrais dos satélites QuickBird

Sensor	Bandas Espectrais	Resolução Espectral (nm)	Resolução Espacial	Resolução Temporal	Área Imageada	Resolução Radiométrica
PAN	PAN	445 - 900	61 a 72 cm			
MS	AZUL	450 - 520	2,4 a 2,8 m	1 a 3,5 dias, dependendo da latitude	16,5 x 16,5 km	11 bits
	VERDE	520 - 600				
	VERMELHO	630 - 690				
	IVP	760 - 900				

Fonte: EMBRAPA, 2021

2.4 Constelações de satélites e importância para o monitoramento

Com o advento da evolução no Sensoriamento Remoto, há que se fazer necessário conhecer as constelações satelitais e as suas características de maior importância para o uso nas Geotecnologias.

Lançada em 2008 em um único foguete ucraniano DNEPR-1 (veículo de lançamento descartável batizado com o nome do rio Dnieper localizado na Rússia), conforme os dados do DGI/INPE (2021), a missão comercial RapidEye tem a capacidade de produzir conjuntos de imagens de qualquer ponto da Terra, porém no momento se encontra inativo.

A constelação RapidEye é formada por 5 satélites, com 5 bandas multiespectrais, resolução radiométrica de 12 bits, imagens ortorretificadas com 5 metros de resolução espacial e revisita diária, o que permite obter imagens com grande conteúdo de informação, e atualmente sua aplicação pode ser utilizada em mais de 90% dos estados do Brasil para atender ao Cadastro Ambiental Rural- CAR e na identificação dos tipos de uso e cobertura do solo (GEODATA ENGENHARIA, 2021).

Em 2010 surgiu na região do Vale do Silício, São Francisco, EUA, o programa realizado pela NASA, para construir nanossatélites com dimensões menores que os satélites tradicionalmente em operação, pois utilizam o que há de mais avançado em microtecnologia e capacidade de adquirir imagens contínuas da Terra, o que em 2013 pôde ser possível com a operação Planet para a cobertura de todo o globo terrestre, sendo uma empresa inovadora e com alta capacidade tecnológica.

A plataforma Planet Explorer disponibiliza produtos visuais e analíticos em formato GeoTIFF que são reamostrados a 3 metros e projetados na projeção UTM usando o datum WGS84 (PLANET TEAM, 2018). A Quadro 06 descreve as características disponíveis dos dados de satélites Planet.

Quadro 06: Características do satélite Planet

SATÉLITES PLANET	
Características	Constelação com 149 satélites Dove que possuem o mesmo tipo de sensor, as imagens são ortorretificadas, o que permite obter imagens atuais de grandes áreas com alto padrão de qualidade e precisão planimétrica.
Largura de Faixa	De 20 a 24.6 km em nadir
Tamanho de Cena	De 20km x 12km até 24.6km x 16.4km, em nadir
Câmera	Bayer Mask CCD
Resolução espacial	3 metros
Bandas espectrais (nm)	Blue: 455 - 515
	Green: 500 - 590
	Red: 590 - 670
	NIR: 780 - 860
Resolução Radiométrica	12 bits
Sistema de Referência de Coordenadas	WGS84/Pseudo-Mercator
Revisita	Diária
Horário de Imageamento	De 09h30min a 09h30 AM conforme o satélite da constelação em órbita
Órbita	Circular, heliosíncrona, descendente, de 51.6° a 98° de inclinação, na altitude de 390 a 500km conforme a órbita (ISS ou SSO).

Fonte: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/planescope>

As imagens disponibilizadas pela plataforma Planet Explorer têm formato GeoTIFF, que é um formato digital aberto com informações e dados georreferenciados para a sua utilização em qualquer software de análise espacial de

dados, se tornando o padrão internacional de intercâmbio de dados raster (VASCONCELLOS, 2002).

Os satélites PlanetScope coletam imagens tendo como produtos o Ortho Scene, que são imagens ortorretificadas e projetadas para aplicações que requerem geolocalização precisa e projeção cartográfica, permitindo aos usuários criarem imagens de sua escolha com 4 e 3 bandas multiespectrais (RGB e NIR, Banda 1 = Azul, Banda 2 = Verde, Banda 3 = Vermelho e Banda 4 = Infravermelho Próximo, respectivamente). São imagens de todos os sensores disponíveis na plataforma, seja PlanetScope, SkySat ou RapidEye (PLANET TEAM, 2018).

Combinando o conhecimento ágil do setor de Tecnologia da Informação com os conceitos de Engenharia Aeroespacial, que associados aos investimentos realizados na empresa fazem da Planet a empresa de maior capacidade de monitoramento do mundo (MUNDOGEO, 2016).

Recentemente foram lançados programas espaciais de observação da Terra com o objetivo de recolher dados em campo, onde os sistemas de sensores podem detectar dinamismo do uso e cobertura do solo, e com imagens de alta resolução espacial e temporal dos satélites Planet é possível obter informações sobre o avanço da modificação destes.

Segundo Fagundes e Barbosa (2020), o primeiro satélite SkySat foi lançado em 2016 do Centro Espacial Satish Dawan SHAR, com um telescópio Ritchey-Chretien Cassegrain, que obtém imagens pancromáticas e multiespectrais de alta resolução licenciadas de forma comercial.

A constelação SkySat formada por 21 satélites é equipada com as bandas RGB, PAN e Infravermelho Próximo (NIR), capacidade de revisita subdiária, coletando “múltiplas imagens ao dia, fornecendo informações atualizadas e precisas para diversas aplicações, permitindo ações efetivas na velocidade em que as mudanças ocorrem” (SCOON GEOSPATIAL, 2021).

Além de disponibilizar imagens PlanetScope em sua plataforma, também é possível obter imagens precisas de alta resolução do RapidEye e SkySat, o que é uma grande vantagem no quesito de atualização de dados, pois cada vez mais os lançamentos dos satélites SuperDove trazem mais bandas espectrais garantindo novos patamares de análises, bem como lançou 6 novos SkySats (altíssima resolução, 50 cm), em dois lançamentos em parceria com a SpaceX Falcon 9. E o custo de lançamento se diferencia das outras empresas do ramo, pois ao passo que estes usam um único foguete para lançar um único satélite, a Planet consegue lançar

dezenas de satélites de só uma vez. Um acordo com a NASA torna promissor o uso deste recurso por pesquisadores financiados em 2021.

Esses diferenciais e características próprias para as soluções e tecnologias da Planet, o uso destas imagens possibilitam aplicações na agricultura, energia, ambiente, florestas, etc., sendo a agricultura é um dos maiores mercados da Planet globalmente, o Brasil torna-se um grande potencial em 2021.

Além de disponibilizar imagens SkySat, a plataforma Planet Explorer disponibiliza imagens Planet e RapidEye, na qual ambas foram adquiridas pelo governo para a cobertura completa do Brasil, especialmente pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA) e Polícia Federal, que em acordos de cooperação técnica, os órgãos públicos podem utilizá-las em ações e pesquisas, através de acesso da busca pelo catálogo do INPE (DGI/INPE, 2021).

Concluir essas questões relacionadas ao Sensoriamento Remoto, resoluções e aplicações.

2.5 Crescimento urbano em Manaus-AM

O complexo industrial da Zona Franca de Manaus gera importante fonte de renda para o estado, porém o crescente processo de urbanização veio acompanhado de uma explosão demográfica advindos a partir da sua instalação em 1967.

Esta cidade cresceu de forma desordenada e de forma não planejada, sem acompanhamento dos serviços básicos como saneamento, tratamento de esgoto, iluminação pública e pavimentação.

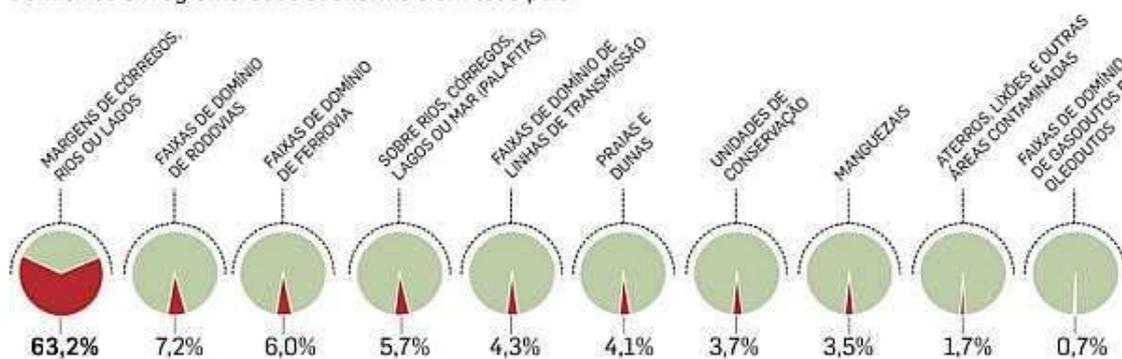
Conforme a expansão territorial foi aumentando, as invasões acompanharam esse movimento adentrando em áreas de proteção ambiental, como a Reserva Florestal Adolpho Ducke, e em todas as zonas da cidade popularmente conhecida como Comunidade Monte Horebe e a com maior ascensão na zona oeste de Manaus: Cidade das Luzes, das quais vale citar: Buritizal, no bairro Nova Cidade, Fábrica de Cimento, no bairro Puraquequara e no bairro Colônia Antônio Aleixo, as últimas localizadas em áreas particulares (ROLLERI e ALENCAR, 2020).

De acordo com Estadão (2013), Manaus está entre as nove Regiões Metropolitanas que abrigam 73,1% da população de áreas informais identificadas na pesquisa. Sendo a principal área ocupada com 63,2% em margens de correiros, rios ou lagos, (Fig. 05) como é o caso dos bairro Educandos e Lago Azul.

Fig. 05: Domicílios em aglomerados subnormais em todo país.

ONDE ESTÃO

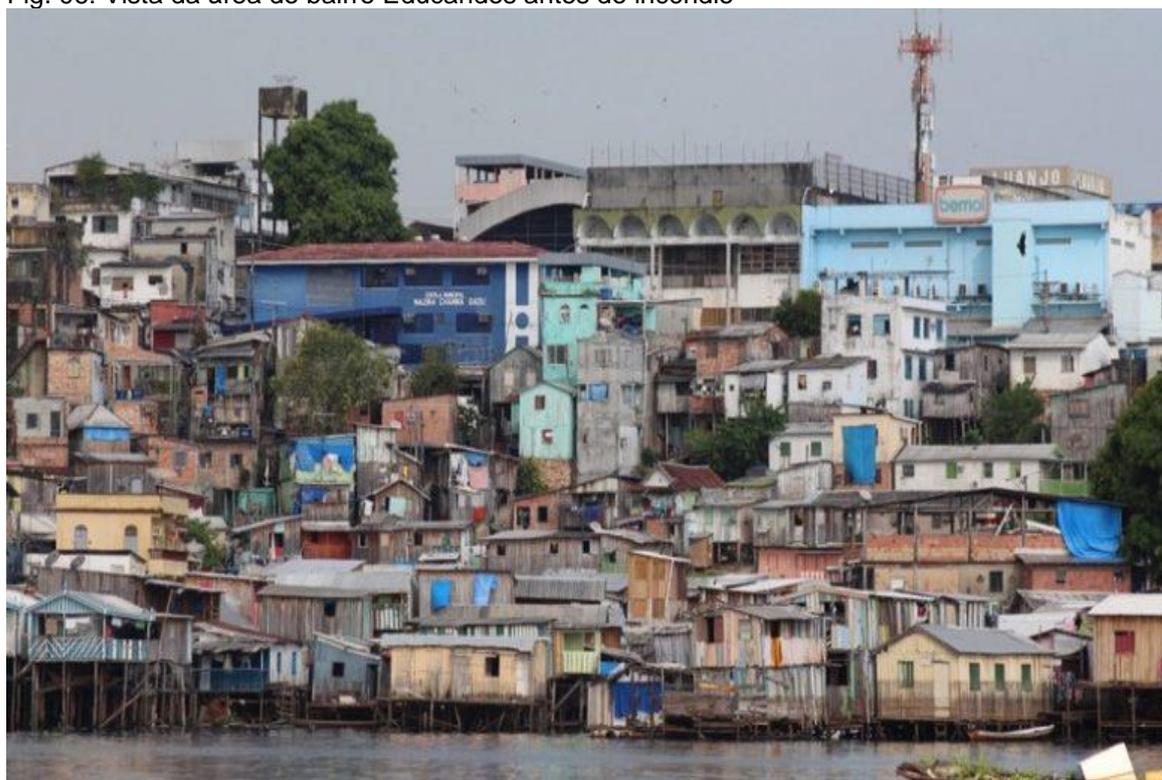
Domicílios em aglomerados subnormais em todo país



Fonte: Estadão, 2013

O processo inicial de formação do bairro de Educandos se deu a partir da criação do Estabelecimento dos Educandos Artífices em 1856, onde funcionava o prédio da Olaria Provincial localizado na outra margem do igarapé da Cachoeirinha, hoje igarapé de Educandos (Fig. 06).

Fig. 06: Vista da área do bairro Educandos antes do incêndio



Fonte: Amazonas Atual, 2018.

Tendo em vista que o lugar permaneceu por muito tempo possuindo apenas a escola, o governador Fileto Pires Ferreira (1896 a 1898) resolve distribuir as terras das margens do Rio Negro às famílias abastadas de Manaus, que por sua vez ocuparam estes espaços criando inúmeras fazendas na ilha onde se localizava os Educandos Artífices. Tomado por uma das muitas florestas que circundavam Manaus, o lugar passou a ser o refúgio de tais famílias. (OLIVEIRA *et al*, 2007).

As características do bairro Educandos se identificam com as informações do IBGE (2021) na pesquisa Aglomerados Subnormais - Informações Territoriais:

é uma forma de ocupação irregular de terrenos de propriedade alheia – públicos ou privados – para fins de habitação em áreas urbanas e, em geral, caracterizados por um padrão urbanístico irregular, carência de serviços públicos essenciais e localização em áreas com restrição à ocupação. No Brasil, esses assentamentos irregulares são conhecidos por diversos nomes como favelas, invasões, grotas, baixadas, comunidades, vilas, ressacas, loteamentos irregulares, mocambos e palafitas, entre outros (IBGE, 2021).

Segundo Rodrigues (2003), as causas da existência de ocupações é consequência da organização dos moradores que se mobilizam em movimentos reivindicativos urbanos, em que estes “estabelecem uma data de ação conjunta e buscam a melhor maneira de tentar resolver sua difícil situação de moradia”, ainda assim sendo irregulares do ponto de vista jurídico da propriedade da terra.

O monitoramento de áreas ocupadas irregularmente contribui para a fiscalização que previnem e removem o foco escolhido pelos invasores assim como aconteceu no Bairro Lago Azul com a comunidade Monte Horebe (Fig. 07).

Fig. 07: Foco de ocupação irregular em área protegida



Fonte: D24am.

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são os maiores focos visados pela questão ambiental por órgãos públicos como:

Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (Semmas), Instituto Municipal de Planejamento Urbano (Implurb), Secretaria Municipal de Infraestrutura (Seminf), Superintendência Estadual de Habitação (Suhab), Gabinete de Gestão Integrada do Estado (GGIE), Batalhão de Policiamento Ambiental, Força Tática da Polícia Militar do Amazonas, Corpo de Bombeiros e Amazonas Energia (D24am, 2020)

As ocupações irregulares apresentam características diferentes das favelas, pois a forma como se dá essa instalação é através de grupos que se juntam para ocupar a área todos no mesmo dia, seguindo um padrão urbanístico, com definição de largura de ruas e tamanhos de lotes.

O bairro Lago Azul é de formação recente, situado na zona de expansão da cidade, com apenas 37 anos, o bairro Educandos é de formação antiga com 159 anos e tem relação direta com o modo de viver ribeirinho, sendo importantes fatores sociais e histórico-geográficos referentes aos bairros.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho busca responder um determinado problema de natureza científica, que conforme Bonat (2009) consiste na criação de um problema, seja um questionamento, uma indagação ou curiosidade que o levou a pesquisar, na indicação de uma hipótese, que será a resposta ao problema destacado, a coleta de dados que venham comprovar sua sustentabilidade e a análise da resposta verificando a viabilidade da hipótese encontrada.

Esta pesquisa teve como forma de abordagem o método hipotético-dedutivo, que de acordo com Soares (2003, p. 39 apud Bonat, 2009), consiste na construção de conjecturas, submissão de testes e confronto com os fatos para ver quais as hipóteses sobrevivem como mais aptas que serão itens que se espera alcançar neste projeto.

Bunge (1985, apud ANDRADE e SCHMIDT, 2015) afirma que este método baseia-se na dedução do processo mental contrário à indução, podendo-se chegar à uma conclusão, através da colocação do problema reconhecendo os fatos relevantes ao tema, descobrindo e formulando uma questão que tenha alguma probabilidade de ser correta, construindo um modelo teórico de seleção dos fatores pertinentes e dedução de consequências particulares com suportes racionais e empíricos e teste das hipóteses com esboço da prova determinando as observações, mediações e os experimentos quanto às demais operações instrumentais, finalizando com a conclusão e interpretação dos dados.

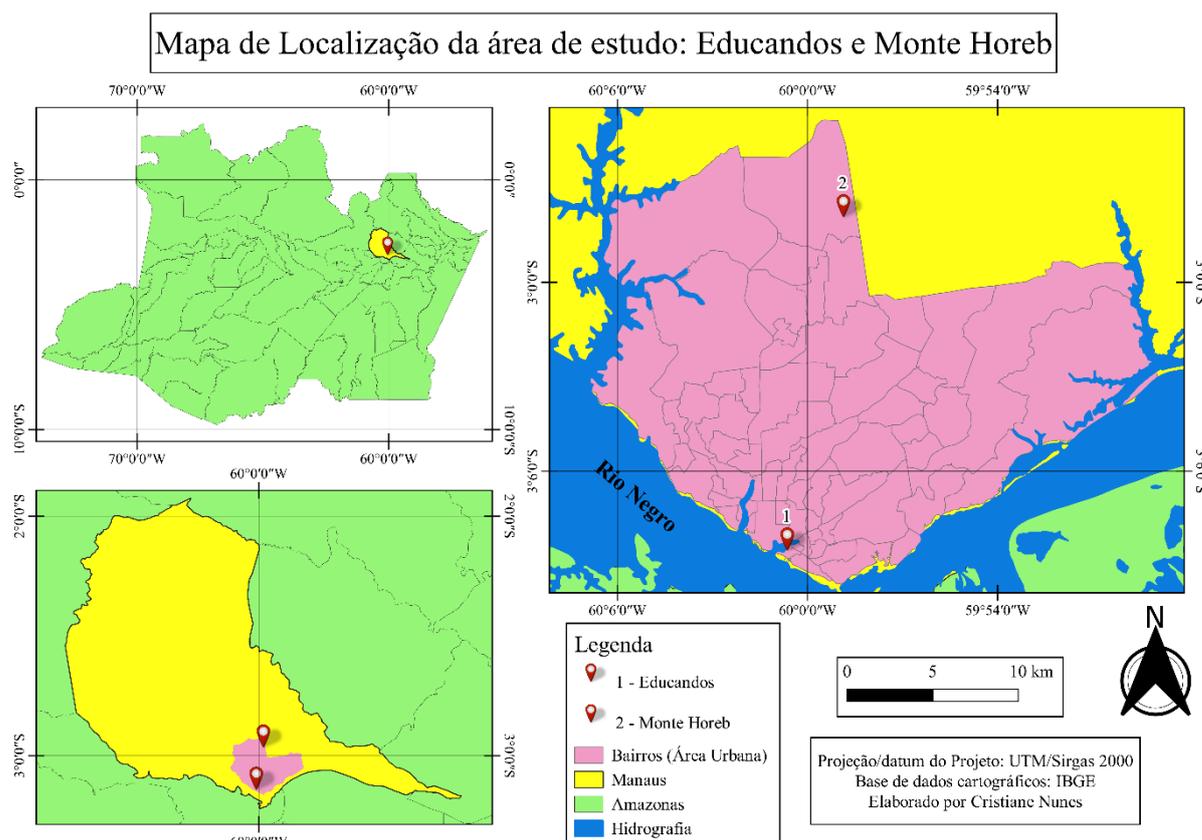
Durante os procedimentos técnicos, o método de estudo foi comparativo, pois consistiu no confronto entre elementos, levando em consideração seus atributos, promovendo o exame dos dados a fim de se obter as diferenças constatadas, bem como suas relações, juntamente com o método histórico, realizando comparações entre os dados do presente com os do passado (BONAT, 2009), através de levantamento bibliográficos em livros, artigos, revistas científicas e mapas que estão relacionados à temática de sensoriamento remoto com imagens de alta resolução e o uso de geotecnologias para análise de dados sobre a região estudada.

Segundo Marconi e Lakatos (2003), a amostra é uma parcela convenientemente selecionada do universo, sendo um subconjunto do universo e estabelecendo a amostra correlacionada com a área de pesquisa e o universo de

seus componentes. Compreendendo a área de estudo deste projeto, cita-se as áreas urbanas da cidade de Manaus, com destaque nos acontecimentos recentes localizados nos bairros Educandos e Lago Azul, onde sofreram intenso processo de ocupação do solo e modificação da terra, e que podem ser observadas através de imagens PlanetScope.

Amostra essa que pode ser visualizada no mapa-base elaborado no software Qgis 3.16 com bases vetoriais do banco de dados do IBGE (Fig. 08). A amostra teve como recorte temporal, o período compreendido de 5 anos, entre jun/2016 e mai/2021, período no qual a empresa Planet representada pela Santiago & Cintra Consultoria (SCCON) começou a distribuir e comercializar imagens diárias (MUNDOGEO, 2016).

Fig. 08: Mapa de localização da área de estudo



Fonte: A autora

Tais locais foram selecionados por serem pontos de extrema modificação do solo dentro do período selecionado e que podem ser observadas com o uso das imagens Planet, caracterizando assim o seu potencial.

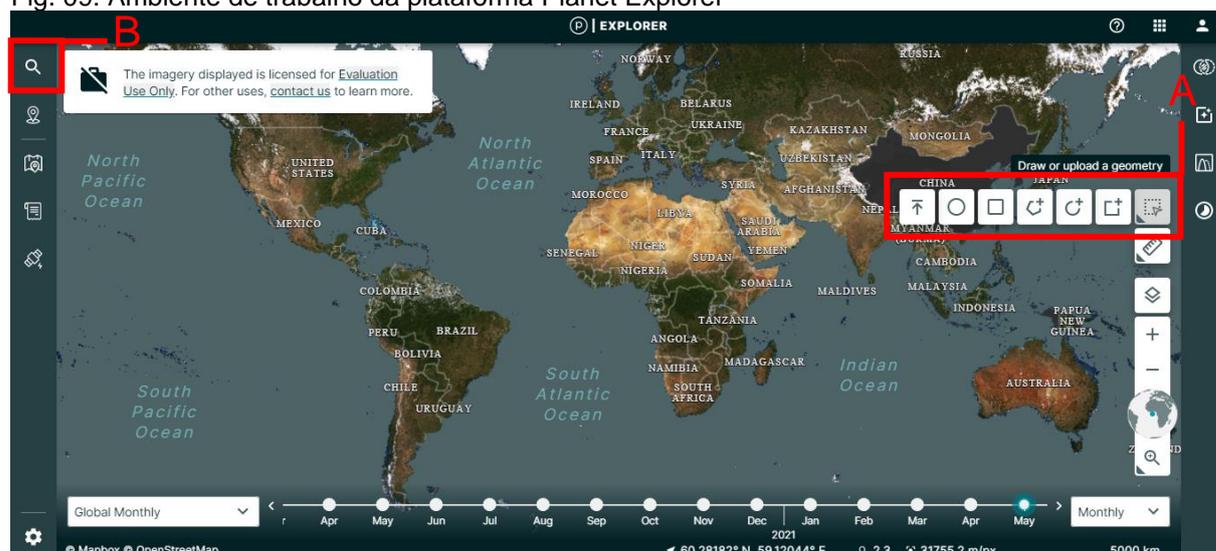
No dia 17 de dezembro de 2018, no bairro Educandos, ocorreu o segundo maior incêndio já registrado na história do Amazonas, onde cerca de 600 casas foram destruídas. E no dia 02 de março de 2020, a polícia realizou no Bairro Lago Azul, em operação do Governo do Estado do Amazonas, a demolição de casas para reintegração de posse com a remoção dos moradores do local ocupado irregularmente na comunidade conhecida como Monte Horebe, próximo à área de Reserva Florestal Adolpho Ducke.

Os dois eventos ocorridos na área urbana de Manaus podem ser considerados como de significativa relevância para estudo do monitoramento da cobertura e uso do solo.

Como procedimentos de coleta dos dados, foi efetuada a seleção e aquisição de imagens obtidas através de sensoriamento remoto com análise em laboratório, sendo realizada uma consulta do catálogo da Planet (<https://www.planet.com/explorer/>) para verificar as imagens de satélite que poderiam ser utilizadas como imagens potenciais para estudo.

A busca das imagens foi realizada por meio da inserção da camada *shapefile* da área em questão que foi importado para definir o interesse ou desenhando a área desejada através das geometrias disponíveis (A), ou digitando na barra de busca (B) o endereço do local (Fig. 09).

Fig. 09: Ambiente de trabalho da plataforma Planet Explorer

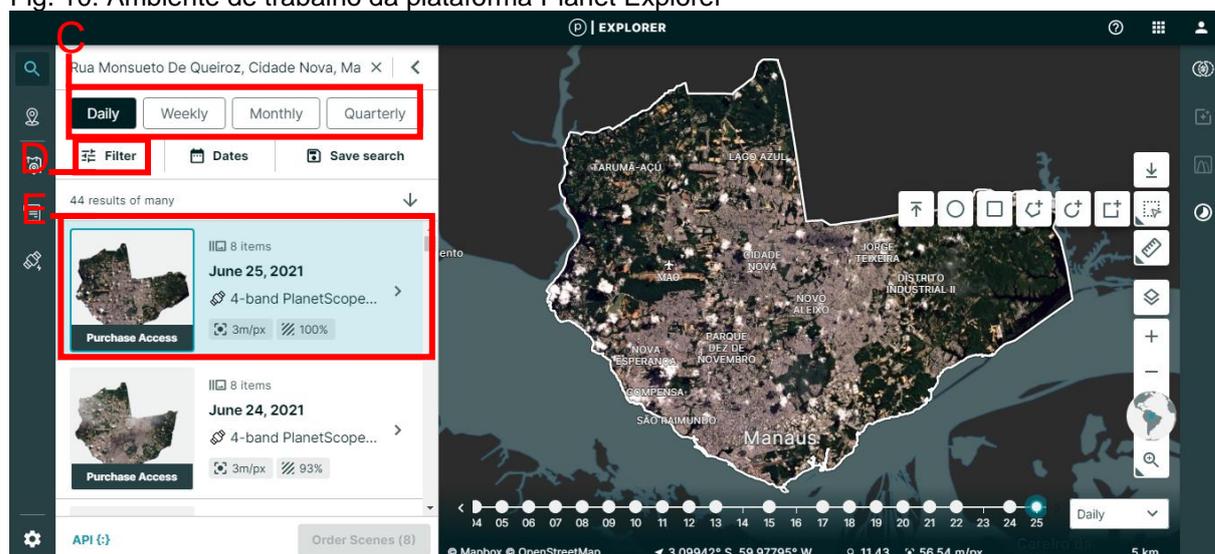


Fonte: Planet Explorer, 2021

Como procedimentos de análise, os comandos usados dentro da plataforma foram as imagens selecionadas no período compreendido (C), tendo como busca as opções de diária, semanal, mensal ou quadrimestre, e dentro do mapa-base da área

de estudo, identificadas e caracterizadas de acordo com o filtro (D) onde pôde-se selecionar quais tipos de sensores, a porcentagem de cobertura de área e de nuvem, até se obter o resultado da quantidade de imagens disponíveis (E), comparando e discutindo os resultados a fim de avaliar o potencial uso das imagens *PlanetScope* para monitoramento de áreas urbanas em Manaus (Fig. 10).

Fig. 10: Ambiente de trabalho da plataforma Planet Explorer



Fonte: Planet Explorer, 2021

Através de ferramentas disponíveis na plataforma Planet Explorer, fez-se a seleção das imagens de acordo com 3 categorias de filtros: Sem filtro, Filtro de 90% de cobertura da área e 10% de cobertura de nuvem, Filtro de 100% de cobertura da área e 0% de cobertura de nuvem, que posteriormente foram tabeladas para análise e discussão, realizando este mesmo processo na área urbana de Manaus, bem como nos locais específicos do bairro Educandos e na ocupação irregular Monte Horebe para avaliação da aplicação das imagens Planet como potenciais para o monitoramento terrestre.

Este trabalho fez uma análise dos parâmetros climatológicos com os dados de precipitação de 2016 a 2021, obtidos do Banco de dados do INMET, da cidade de Manaus-AM. Após baixar os dados por meio da utilização do programa Excel, tabulou-se colocando-os em gráficos. Podendo analisar os parâmetros climáticos que sofreram alterações, e assim mostrar a importância de relacionar intensidade com a frequência e duração das precipitações.

4 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

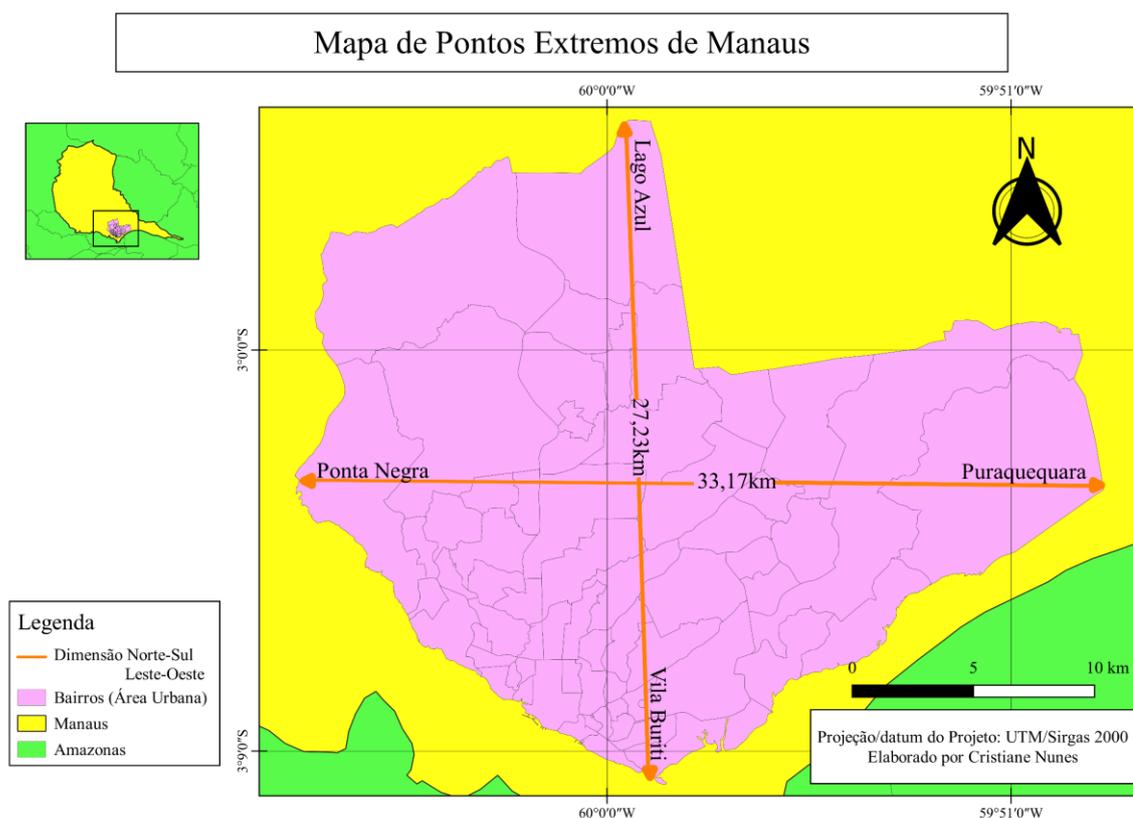
A classificação das imagens PlanetScope através do catálogo da plataforma Planet Explorer apresentou a quantidade de imagens disponíveis, considerando a área urbana, os recortes da área onde ocorreu incêndio no Bairro Educandos e da ocupação irregular Monte Horebe no bairro Lago Azul, e com filtros em relação a cobertura de nuvens e períodos mensais e anuais.

4.1 Caracterização da área urbana de Manaus-AM com a avaliação das imagens PlanetScope para o monitoramento

Manaus é um município brasileiro, capital do estado do Amazonas, na Região Norte do país, cidade na qual teve a sua explosão demográfica a partir da instalação da Zona Franca de Manaus em 1967.

Está situada nas coordenadas geográficas de Latitude -3.10719 e Longitude -60.0261 (Fig. 11), limitado pelos municípios que compõem a Região Metropolitana de Manaus (RMM), sendo eles os municípios de Careiro da Várzea, Iranduba, Itacoatiara, Manacapuru, Novo Airão, Presidente Figueiredo e Rio Preto da Eva.

Fig. 11: Mapa de pontos extremos de Manaus



Fonte: Base de dados cartográficos IBGE (2021)

A geometria de polígono usada como shapefile inserido no software QGIS 3.16, indica que esta área urbana de Manaus possui 49.991,666 hectares, aproximadamente 500 km². Compreende todos os bairros da Manaus, sem incluir a zona rural. Se comparada com a área inteira do município que é de 11.401,092km², Manaus tem apenas 4,37% da área urbanizada.

Esta área urbanizada tem uma faixa que mede 27,23km no sentido Norte-Sul que vai do bairro Lago Azul até o bairro Vila Buriti, e no sentido Leste-Oeste tem uma dimensão de 33,17km que vai do bairro Ponta Negra até o bairro Puraquequara demarcando os seus pontos extremos.

4.1.1. Comparação de dados climatológicos da cidade de Manaus/AM dos anos de 2016-2021

A cidade de Manaus está localizada próxima ao centro da Bacia Amazônica à margem esquerda do Rio Negro, com um índice médio pluviométrico de 2.300 mm/ano, tem clima quente e úmido, temperatura média anual de 25,6°C e amplitude térmica de 4°C, umidade alta entre 88% (período chuvoso) e 77% (período seco) e a cobertura vegetal densa (SILVA e SILVA, 2007).

A estação meteorológica de Manaus está registrada com o número 82331, tendo sua data de fundação no dia 31/12/1909, localizada nas coordenadas Lat/Long [-3.1, -60.02], em altitude de 48.86 m. Ela faz a medição diariamente de dados de umidade, temperatura instantânea, máxima e mínima, pressão, precipitação em milímetros (mm) e a direção e velocidade dos ventos, disponibilizando as informações em links de gráficos e tabelas (INMET, 2021).

Durante a tabulação dos dados coletados, observou-se que a precipitação ocorre de maneira distribuída irregularmente ao longo do ano.

Grande parte das chuvas se concentraram no acumulado de 5 anos nos meses de dezembro com 1990,2 mm, porém os maiores valores registrados são dos meses de dezembro a maio, período no qual se inicia o inverno amazônico. Nos outros meses nota-se uma redução considerável nos valores de precipitação, sendo o mês de agosto o que apresentou menor valor com 166,2 mm (Tabela 01).

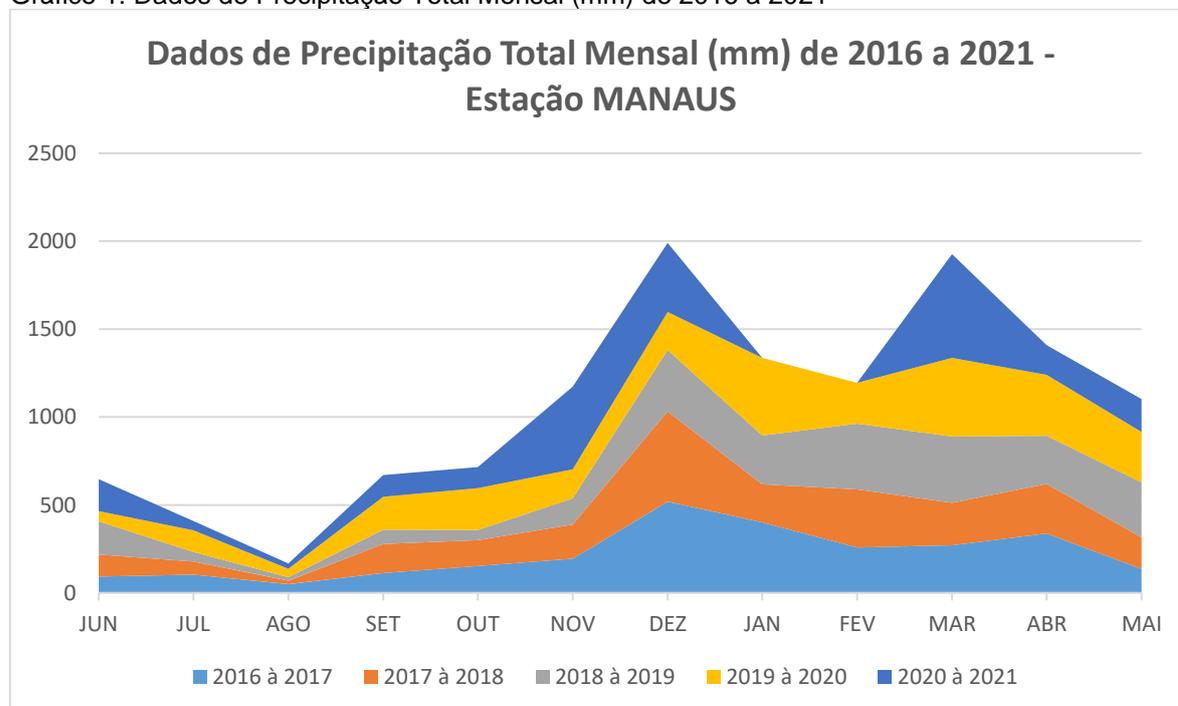
Tabela 01: Dados comparativos dos parâmetros climatológicos mensal e anual de Precipitação nos períodos de 2016 a 2021

Dados de Precipitação Total Mensal (mm) de 2016 a 2021 - Estação MANAUS												
	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Feb	Mar	Abr	Mai
2016 à 2017	92,1	103,2	49,8	112	152,2	193,7	518,8	402,1	257,4	270	338,4	135,8
2017 à 2018	126,5	75,7	20,1	166,4	148,1	195,7	512,8	215,3	331,4	242,9	280,8	179,4
2018 à 2019	188,6	54,1	19,5	80,8	56,7	148,4	349,7	277,4	373,9	377,5	273,6	313,4
2019 à 2020	57,1	123,3	47,4	187,6	238,2	164,9	217,2	441,9	232,1	446,3	348,1	287
2020 à 2021	181,7	51,7	29,4	123,2	120,9	469,6	391,7	Null	Null	588,8	167,6	186,5
Total	646	408	166,2	670	716,1	1172,3	1990,2	1336,7	1194,8	1925,5	1408,5	1102,1
MÉDIA	126,5	75,7	29,4	123,2	148,1	193,7	391,7	339,75	294,4	377,5	280,8	186,5

Fonte: Dados da rede do INMET (2021). Elaborado pela autora

O total dos dados de precipitação total mensal (mm) de 2016 a 2021 coletados na Estação Manaus pode ser observado na Gráfico 12, que relaciona graficamente as partes com o todo ao longo do tempo mostrando a magnitude das alterações para chamar a atenção para dos valores máximo no mês de março/2021 com 588,8mm e mínimo no mês de agosto/2018 com 19,5mm.

Gráfico 1: Dados de Precipitação Total Mensal (mm) de 2016 a 2021

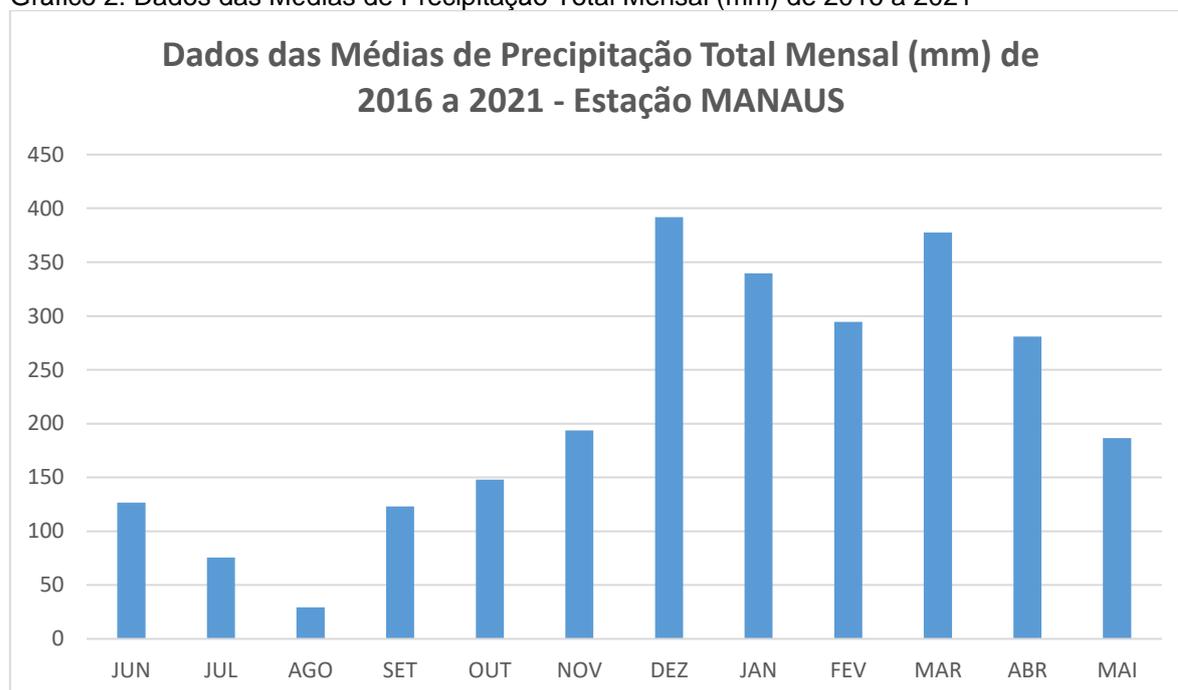


Fonte: Dados da rede do INMET (2021). Elaborado pela autora

Esses valores de precipitação de chuva se refletem na quantidade de imagens disponibilizadas na plataforma Planet Explorer, pois justamente no período com maior intensidade de chuva há uma menor quantidade de imagens disponíveis sem cobertura de nuvens e eu abrange a cobertura total da área.

Conforme os dados comparativos dos parâmetros climatológicos apresentados na Gráfico 2 agrupados em colunas para comparar os valores das médias mensais, foi observando que a menor média foi em março com 29,4mm e maior média foi em dezembro com 391,7mm da precipitação total.

Gráfico 2: Dados das Médias de Precipitação Total Mensal (mm) de 2016 a 2021



Fonte: Dados da rede do INMET (2021). Elaborado pela autora

4.1.2. Filtragem anual de imagens Planet na área urbana de Manaus-AM

A área urbana de Manaus apresentou 2.371 imagens disponíveis no período compreendido de 5 anos (Jun/2016 à Mai/2021), sem caracterização de filtro, das quais são imagens consideradas de baixa exigência para se fazer um estudo, pois são imagens com porcentagens variadas de cobertura da área e de cobertura de nuvem.

Ao se aplicar o filtro para que as imagens selecionadas sejam entre 90% e 100% cobertura da área e até 10% de cobertura de nuvem, que pode ser considerada de média exigência, pois com este tipo de filtro, o estudo poderá não ser compreendido completamente, a triagem reduz a quantidade de imagens para

204 cenas. A aplicação de filtro de 100% de cobertura da área e 0% de nuvens é o ideal para fazer análises, pois não haverá interferências, porém nesta opção foram encontradas 37 imagens, sendo que houve períodos que não haviam imagens disponíveis com esta última opção (Tabela 02).

Tabela 02: Disponibilização anual de imagens Planet na área urbana de Manaus-AM

Área urbana de Manaus - AM			
Período	Sem filtro	90% cob. Área e 10% nuvem	100% cob. Área e 0% nuvem
Jun/2016 à Mai/2017	210	2	0
Jun/2017 à Mai/2018	526	51	8
Jun/2018 à Mai/2019	523	33	0
Jun/2019 à Mai/2020	574	24	0
Jun/2020 à Mai/2021	538	94	29
Total	2371	204	37

Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

4.1.3. Filtragem mensal de imagens Planet com filtro de 100% de cobertura da área e 0% de cobertura de Nuvem

A tabela 03 descreve mensalmente a quantidade de imagens disponíveis para estudo com aplicação do filtro de 100% de cobertura da área e 0% de nuvens, porém com os parâmetros analisado na pesquisa foi possível observar ausência de imagens nos meses de junho, outubro, novembro, dezembro e janeiro de todos os 5 anos, dessa forma inviabilizando realizar um estudo mensal com mosaico de imagens do mesmo dia, assim como não há imagens disponíveis em períodos inteiros de 3 anos (2016/2017, 2018/2020).

Tabela 03: Disponibilização mensal de imagens Planet na área urbana de Manaus-AM

Área Urbana de Manaus – AM (100% cob. área e 0% nuvem)													
Período	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Total
2016 à 2017	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2017 à 2018	0	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2018 à 2019	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2019 à 2020	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2020 à 2021	0	1	1	5	0	0	0	0	4	5	5	8	29
Total	0	7	3	5	0	0	0	0	4	5	5	8	37

Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

No dia 13 de junho de 2020 foi lançado 3 satélites da Planet a bordo do foguete Falcon 9, junto com o grupo de satélites Starlink da empresa espacial privada SpaceX, onde produziram mais imagens do nosso planeta (LIMA, 2020).

Não foi objeto do estudo no que diz respeito a mosaicos de imagens de dias diferentes, mas conforme o Planet Explorer tem disponível mosaicos mensais para região, mas em termos de análise aumenta a complexidade no processamento das imagens.

4.2 Caracterização da área no bairro Educandos em Manaus-AM com avaliação das imagens PlanetScope para monitoramento

Segundo Oliveira *et al.* (2007), o crescimento do bairro Educandos acompanhou o ritmo intenso e desordenado das cidades, com construções em terra ou às margem do rio, intensificado com o funcionamento da Feira Livre da Panair e com a implantação do modelo Zona Franca a partir de 1967, quando os limites da cidade foram modificados significativamente.

A Sub-bacia do Educandos está localizada na parte sudeste da cidade de Manaus e corresponde a 10,22% do total do perímetro urbano. Da área de 46,64 km² desta sub-bacia, 20% compreende os bairros Adrianópolis, Armando Mendes, Betânia, Cachoeirinha, Centro, Colônia Oliveira Machado, Coroado, Crespo, Educandos, Japiim, Mauzinho, Morro da Liberdade, Petrópolis, Praça 14 de Janeiro, Raiz, Santa Luzia, São Francisco, São Lázaro, Vila Buriti e Zumbi dos Palmares, e 80% compreende os bairros Distrito Industrial I e II, apresentando três nascentes: uma na Reserva Ecológica Sauim-Castanheira (Distrito Industrial II), outra em propriedade da antiga Escola Agrotécnica Federal de Manaus (atual Instituto Federal do Amazonas-IFAM) no bairro Armando Mendes e a terceira em área degradada no bairro Zumbi dos Palmares, com as áreas densamente urbanizadas ocupando a margem direita do Igarapé do Quarenta (LEAL, 2018).

4.2.1. Filtragem anual de imagens Planet no bairro Educandos em Manaus-AM

A geometria de polígono usada como shapefile inserido no software QGIS 3.16, indica que a área do estudo no bairro Educandos onde ocorreu o sinistro em 17 dezembro de 2018 possui 5,592 hectares.

Esta área apresentou 1547 imagens disponíveis no período compreendido de 5 anos (Jun/2016 à Mai/2021), sem caracterização de filtro da cobertura de área e de nuvem.

Ao se aplicar o filtro para que as imagens selecionadas sejam entre 90% e 100% cobertura da área e de 0% a 10% de cobertura de nuvem, a triagem reduz a quantidade de imagens para 624 cenas. Havendo, assim, uma relação entre o tamanho da área analisada e a disponibilização de quantidade de imagens, pois quando se abrange o estudo, encontra-se as incompatibilidades que impossibilitam obter mais imagens na plataforma da Planet Explorer.

A aplicação de filtro de 100% de cobertura da área e 0% de nuvens, sendo o ideal para fazer análises, foram encontradas 240 imagens disponíveis (Tabela 04).

Tabela 04: Disponibilização anual de imagens Planet na área de estudo do Educandos

Área Do Bairro Educandos			
Período	Sem Filtro	90% cob. Área e 10% nuvem	100% cob. Área e 0% nuvem
Jun/2016 a Mai/2017	120	45	10
Jun/2017 a Mai/2018	348	120	42
Jun/2018 a Mai/2019	371	147	41
Jun/2019 a Mai/2020	349	111	30
Jun/2020 a Mai/2021	386	201	117
Total	1574	624	240

Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

Percebe-se que com esse critério de filtro de 100% de cobertura da área e 0% de nuvens, não está dando uma resposta adequada, pois em uma área menor deveria, naturalmente, conter maior número de imagens, entretanto nesta área observada no bairro Educandos, com o uso deste filtro resultou em menor quantidade de imagens.

4.2.2. Filtragem mensal de imagens Planet com filtro de 100% de cobertura da área e 0% de cobertura de nuvem do bairro Educandos

A tabela 05 descreve mensalmente a quantidade de imagens disponíveis para estudo com aplicação do filtro de 100% de cobertura da área e 0% de nuvens. No período de Junho/2020 à Maio/2021 houve um significativo acréscimo no número de imagens disponíveis nessa opção de filtro, podendo ser justificado pelo lançamento de mais 3 satélites da Planet, que produziram mais imagens do nosso

planeta (LIMA, 2020), porém ainda sem imagem para os meses de novembro e dezembro, período de muita ocorrência de chuvas na região Amazônica.

Tabela 05: Disponibilização mensal de imagens Planet na área de estudo do Educandos

Área Do Bairro Educandos – Am (100% cob. área e 0% nuvem)													Total
Período	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	
2016 à 2017	2	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	10
2017 à 2018	2	20	10	4	2	0	0	0	4	0	0	0	42
2018 à 2019	6	10	12	6	3	0	0	0	0	4	0	0	41
2019 à 2020	8	6	8	5	2	0	0	1	0	0	0	0	30
2020 à 2021	3	16	14	22	9	0	0	3	11	12	10	17	117
Total	21	54	48	39	16	0	0	4	15	16	10	17	240

Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

4.2.3. Comparação de imagens em períodos distintos

Com intensa ocupação urbana e de forma desordenada, a população do Educandos acabou ocupando as encostas com declives acentuados, planícies de igarapés e Áreas de Proteção Ambiental (APP's).

No dia 17 de dezembro 2018, ocorreu o segundo maior incêndio já registrado, atingindo 600 casas de madeira, em que o fogo se alastrou rapidamente na Rua Inácio Guimarães, bairro Educandos, na Zona Sul de Manaus, sendo um local de difícil acesso com muitos becos impedindo a chegada do Corpo de Bombeiros ao foco do sinistro (AMAZONAS ATUAL, 2018).

Sendo este um acontecimento muito impactante para a sociedade Amazonense, repercutindo de forma nacional, sobre a área afetada. Dessa forma, em função do incidente, a área se mostrou um bom foco para análise de estudo com imagens de alta resolução dos satélites Planet, pois é possível observar nas cenas, de datas próximas ao período do ocorrido, a modificação do solo e as dimensões do impacto por meio da mudança do uso da terra.

Na Fig. 12, é possível constatar as edificações construídas dentro do perímetro do polígono de estudo (em vermelho), com um imagem PlanetScope obtida na plataforma Planet Explorer, do dia 19/11/2018, aproximadamente 1 mês antes do fato.

Fig. 12: Carta-imagem da área de estudo Educandos, cena 19/11/2018



Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

Com uma imagem PlanetScope do dia 05/03/2019, é possível constatar e comparar as diferenças existentes entre as cenas, pois na Fig. 13 pode-se monitorar as modificações apontadas pela seta preta, onde as habitações já estavam totalmente destruídas, e o quarto este local se alterou. Essa imagem é de aproximadamente 3 meses após o fato.

Fig. 13: Carta-imagem da área de estudo Educandos, cena 05/03/2019



Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

Com essas imagens, é possível realizar uma boa análise deste acontecimento, porém não de forma tão rápida como esperado para a ocorrência, que necessita ação direta do poder público, pois esta plataforma da Planet Explorer forneceu imagens que apresentaram cobertura de nuvens ou não cobriam totalmente a área de estudo, assim não sendo satisfatório para a pesquisa, e com isso o tempo de resposta para o propósito se torna mais prolongado. Como uma segunda alternativa para este estudo, seria encontrar imagens deste local sem esse o uso do filtro ou com um critério diferente, pois a área analisada é muito menor que uma cena.

4.3. Caracterização da área no bairro Lago Azul em Manaus-AM com avaliação das imagens PlanetScope para monitoramento

Segundo Rodrigues e Costa (2012), a comunidade do Lago Azul começou seu processo de formação juntamente com a expansão urbana da cidade, tendo como fator principal a implantação da Zona Franca de Manaus, com aglomerados habitacionais irregulares sobre encostas e margens de canais fluviais, sem infraestrutura e serviços básicos. Esta comunidade apresenta carências de diversas

ordens com a população que vive em áreas de risco vulneráveis a deslizamento e alagações, e também relacionada ao próprio contexto social e espacial de formação da sociedade manauara.

Esta área está inserida na Bacia Hidrográfica do Tarumã-Açu, a qual representa cerca de 12% do município de Manaus, que em relação ao ordenamento dos cursos de águas, é uma bacia de 5ª ordem. Nessa bacia está contida as sub-bacias hidrográficas Gigante, Bolívia, Mariano que fluem para o Rio Tarumã-Açu, tornando-se objetos de preocupação, o fato dessa área estar sendo causando danos ao meio ambiente.

4.3.1. Filtragem anual de imagens Planet no bairro Lago Azul em Manaus-AM

A geometria de polígono usada como shapefile inserido no software QGIS 3.16, indica que a área do estudo no bairro Lago Azul possui 93,221 hectares, área esta na qual ocorreu a reintegração de posse na comunidade Monte Horebe.

Esta área apresentou 1629 imagens disponíveis no período compreendido de 5 anos (Jun/2016 à Mai/2021), sem caracterização de filtro da cobertura de área e de nuvem. Ao se aplicar o filtro entre 90% e 100% cobertura da área e até 10% de cobertura de nuvem, a triagem reduz a quantidade de imagens para 798 cenas. Havendo, assim, uma relação entre o tamanho da área analisada e a disponibilização de quantidade de imagens, pois quando se abrange o estudo, encontra-se as incompatibilidades.

Com a aplicação de filtro de 100% de cobertura da área e 0% de nuvens, sendo este o ideal para se fazer análises, foram encontradas 205 imagens disponíveis (Tabela 06).

Tabela 06: Disponibilização anual de imagens Planet na área de estudo do bairro Lago Azul

Área De Ocupação Irregular Monte Horebe			
Período	Sem filtro	90% cob. Área e 10% nuvem	100% cob. Área e 0% nuvem
Jun/2016 à Mai/2017	106	299	8
Jun/2017 À Mai/2018	358	112	55
Jun/2018 À Mai/2019	395	99	20
Jun/2019 À Mai/2020	357	103	23
Jun/2020 À Mai/2021	413	185	99
Total	1629	798	205

Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

4.3.2. Filtragem mensal de imagens Planet com filtro de 100% de cobertura da área e 0% de cobertura de Nuvem

A tabela 07 descreve mensalmente a quantidade de imagens disponíveis, ainda não sendo possível se realizar um estudo mensal, pois não foram encontradas imagens em dezembro de 2020.

Tabela 07: Disponibilização mensal de imagens Planet na área de estudo do bairro Lago Azul

Área De Ocupação Irregular Monte Horebe (100% cob. área e 0% nuvem)													
Período	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Total
2016 à 2017	0	2	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	8
2017 à 2018	4	24	15	6	2	0	0	0	4	0	0	0	55
2018 à 2019	2	1	6	7	3	0	0	0	0	1	0	0	20
2019 à 2020	1	4	9	3	0	0	1	1	0	3	1	0	23
2020 à 2021	2	13	13	14	7	1	0	4	8	12	12	13	99
Total	9	44	47	32	12	1	1	5	12	16	13	13	205

Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

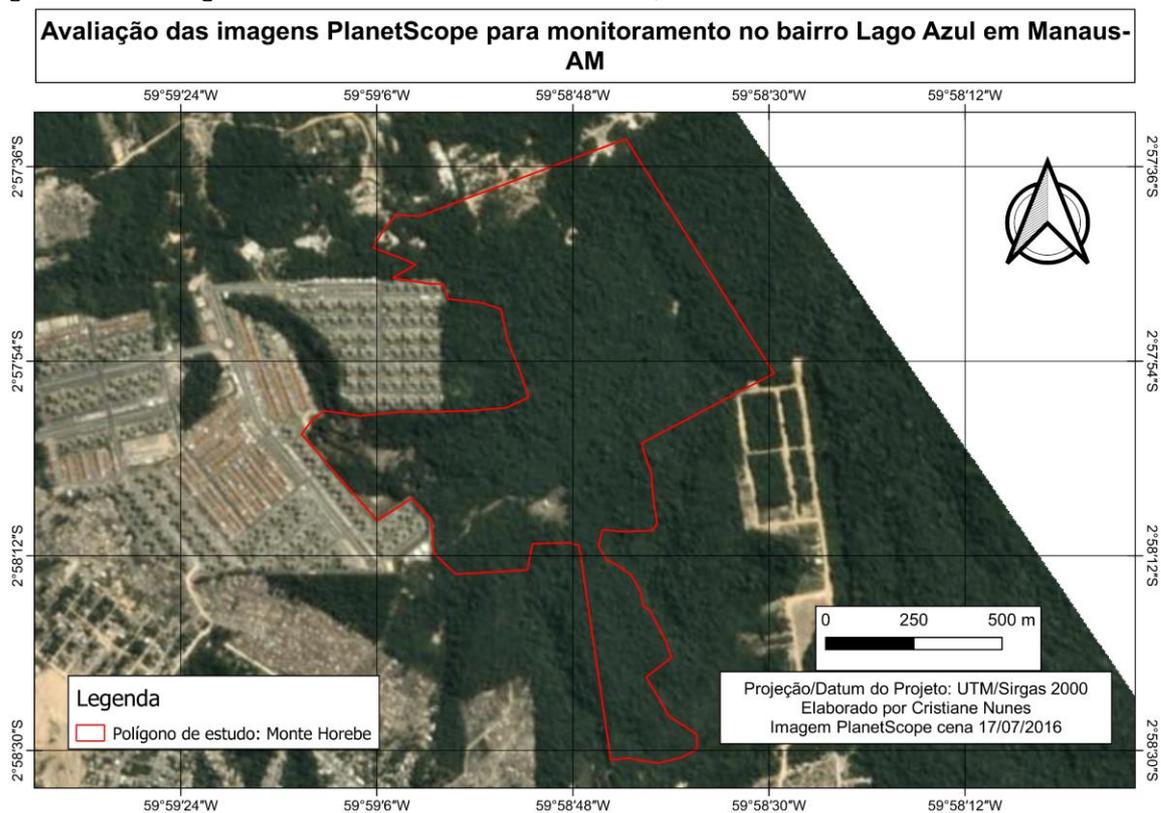
4.3.3. Comparação de imagens em períodos distintos

A falta de moradias para a população propicia no surgimento de loteamentos clandestinos do solo, principalmente em áreas de preservação permanente ou encostas de morros, causando transtornos devido a alagamentos, erosão ou assoreamento dos rios.

Rolleri e Alencar (2020) tratam o início das ocupações irregulares como um fenômeno da “indústria de invasões” desvalorizando imóveis urbanos na zona oeste de Manaus.

A comunidade Monte Horebe, ocupada irregularmente nas proximidades da Reserva Florestal Adolpho Ducke, ainda não havia iniciado o seu processo de instalação no período de Julho de 2016, pois conforme é possível visualizar na Fig. 14 das imagens Planet, não há indícios da existência desta comunidade com a cobertura do solo predominante de vegetação.

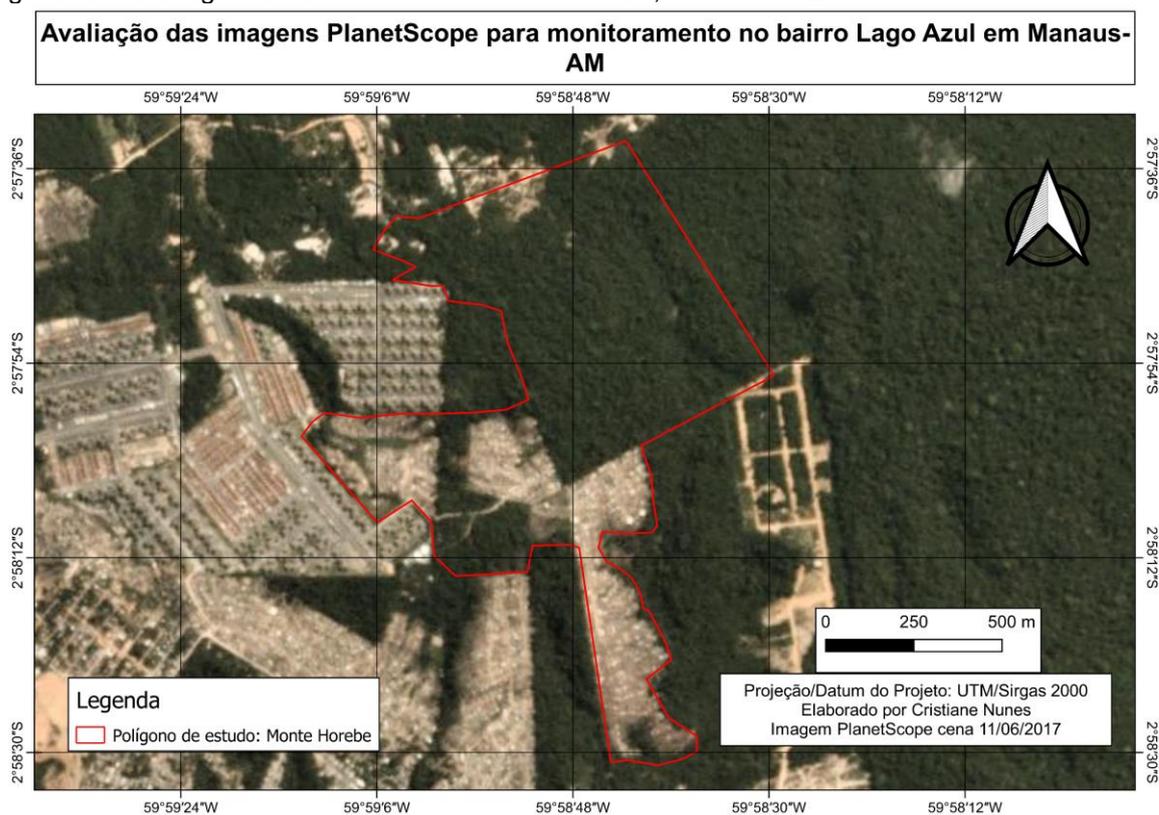
Fig. 14: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 17/07/2016



Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

A partir de Junho de 2017, inicia o processo de ocupação da área da comunidade Monte Horebe, como é possível visualizar na Figura 15, onde a vegetação começa a ser suprimida e percebe-se a presença das edificações e a demarcação das ruas definindo os lotes.

Fig. 15: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 11/06/2017

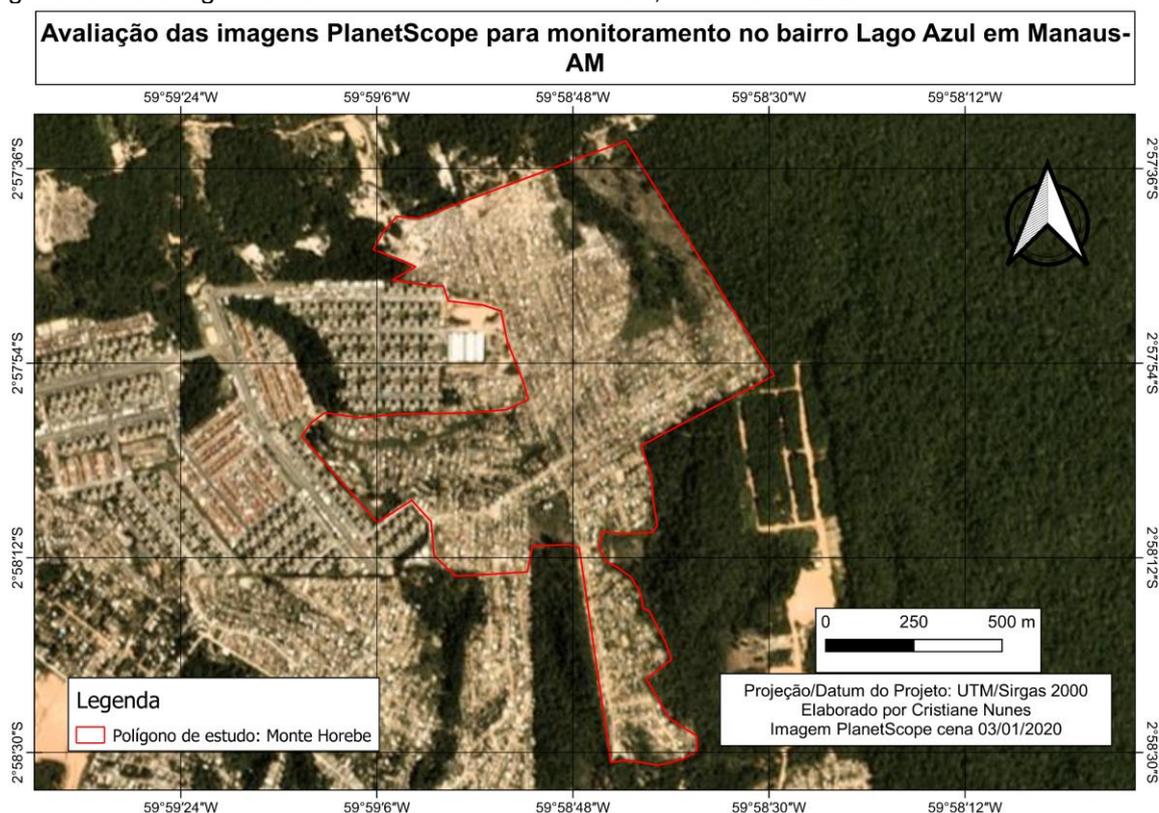


Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

Citando o fato ocorrido em São Paulo, Rodrigues (2003), considera que as primeiras ocupações são reprimidas pelas autoridades com o argumento de que esta ação deve ser realizada para servir de exemplo para que as invasões não proliferem, e os ocupantes sejam rapidamente removidos.

No período de Janeiro de 2020, como pode-se observar na Fig. 16, a comunidade Monte Horebe já está completamente consolidada no local, sendo visível o arruamento através da imagem Planet e fazendo pesquisas no Google Maps, já haviam ruas com toponímia.

Fig. 16: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 03/01/2020



Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

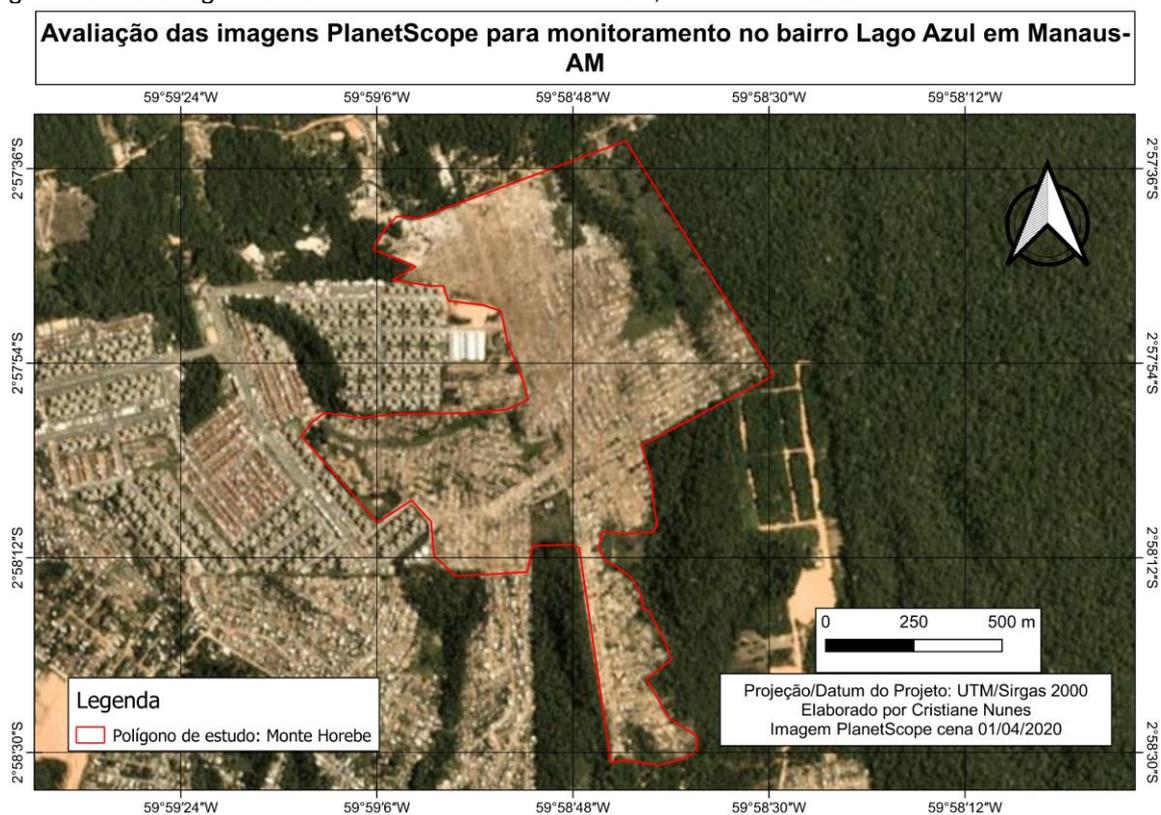
Em Manaus, o processo de desocupação da área da comunidade Monte Horebe para reintegração de posse se deu em 02 de março de 2020, quando a polícia deu início à demolição de barracos construídos na localidade, em ação que retirou cerca de 1 mil famílias (G1 AM, 2020).

Com mandado expedido pelo Tribunal de Justiça do Amazonas (TJ-AM), a ocupação foi violentamente requerida no ato de desocupar os alojados ali, com a chegada da tropa de choque da Polícia Militar e um forte aparato policial para limpar a área e reintegrar a propriedade, causando tumulto entre a população (REDAÇÃO PORTAL PROJETA, 2020).

É interessante notar que o processo chama-se "reintegração de posse", quando o que acontece é "reintegração de propriedade", porque na verdade, detém a posse quem a está ocupando. Mas se "reintegra" o símbolo dessa posse que é a propriedade (RODRIGUES, 2003).

Na Fig. 17, em imagem de 01 de abril de 2020, aproximadamente um mês após a reintegração de posse da área, vê-se que as casas foram removidas e o solo está exposto, assim como é possível observar alguns aspectos identificados por meio da textura mosqueada, e formas geométricas encontradas no local.

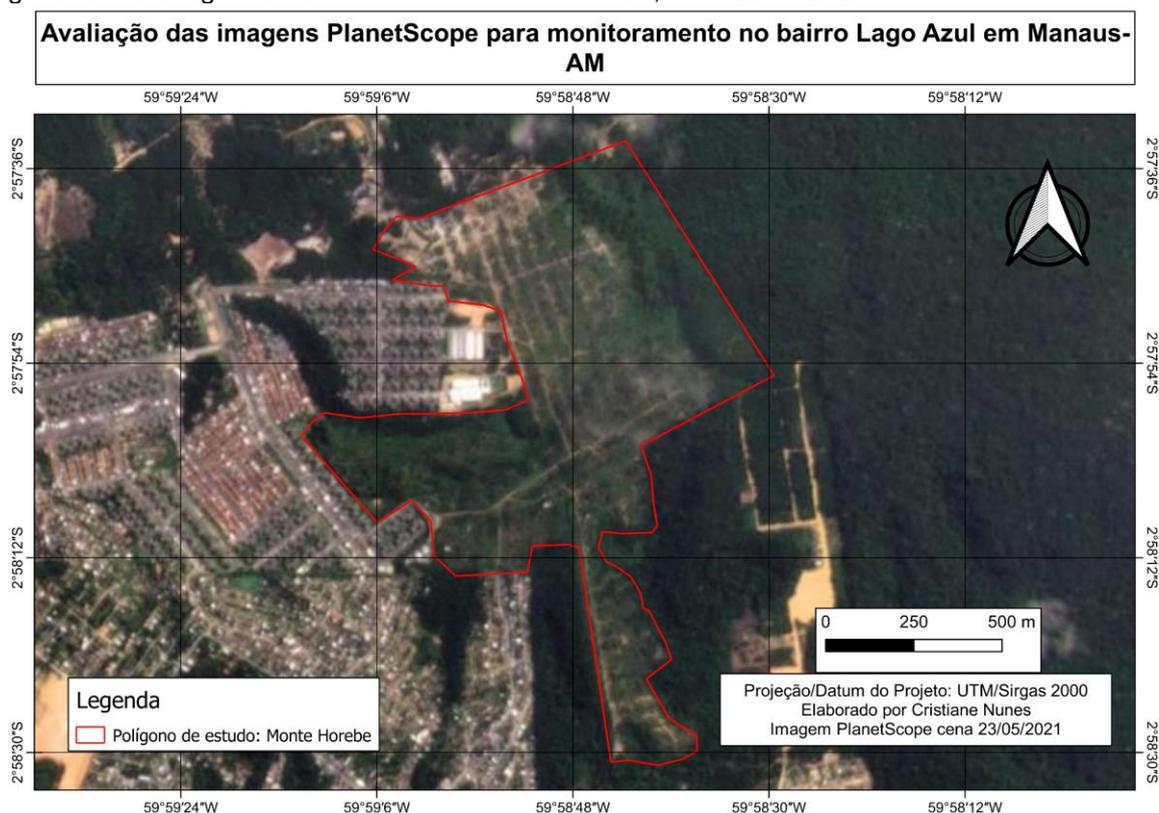
Fig. 17: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 01/04/2020



Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

Em imagem recente, Maio de 2021, final do período dessa pesquisa, pode-se observar que a área está se regenerando e o solo está parcialmente recoberto pela vegetação (Fig. 18).

Fig. 18: Carta-imagem da área de estudo Monte Horebe, cena 23/05/2021



Fonte: Catálogo Planet Explorer, 2021. Elaborado pela autora

Com essas imagens, foi possível acompanhar o acontecimento de forma evolutiva e gradual, analisando a disponibilidade de imagens Planet e a capacidade do satélite de monitorar o evento antes e depois do que ocorreu no bairro.

4.4. Síntese do que foi abordado sobre o uso das imagens Planet

Com o auxílio do software QGis 3.16, ao gerenciar e instalar novos complementos, a Planet Labs disponibiliza o novo plugin para acesso as imagens através do API Planet, que é uma chave para autenticação, na qual o usuário escolhe o período para adicionar a camada XYZ e em seguida fazer as análises com base nas imagens disponíveis. Qualquer pessoa pode se inscrever gratuitamente nesta plataforma, porém o acesso a conta gratuita será oferecido por apenas 14 dias após a inscrição.

Assim como servidores públicos de instituições federais, estaduais e municipais do Brasil tem acesso às imagens e mosaicos Planet e demais produtos do contrato nº 018/2020 vinculado ao Programa Brasil M.A.I.S (Meio Ambiente Integrado e Seguro) da Portaria MJPS Nº 535, de 22 de Setembro de 2020, desde de que sejam instituições públicas vinculadas e cadastradas mediante termo de

adesão ao Programa Brasil M.A.I.S. firmado junto à Secretaria Executiva do Ministério da Justiça e Segurança Pública (MJSP/SNSP, 2021).

Comparando os diferentes sensores, a Planet se mostra bastante eficaz no quesito de disponibilidade de imagens, por ter uma revisita diária proporcionada por uma constelação de satélites, possibilita maiores chances de aquisições de boa qualidade.

Analisando a temática que foi abordada e as oportunidades de tentativas de se encontrar imagens para a área de estudo entre os diferentes sensores no período de 1 ano, a Planet apresenta maior número de imagens em catálogo. A Quadro 07 compara os diferentes sensores que foram abordados neste trabalho.

Quadro 07: Comparação dos diferentes sensores em relação a quantidade de imagens disponíveis

SATÉLITE	RESOL. ESPACIAL	REVISITA	TENTATIVAS
CBERS	20m	26	14/ano
LANDSAT	30m	16 dias	22/ano
SPOT	10m e 20m	26 dias	14/ano
IKONOS	1m e 4m	1,5 e 2,9 dias	243 e 125/ano
QUICKBIRD	0,72m e 2,8m	1 a 3,5 dias	365 e 104/ano
PLANET	3m	Diária	365/ano

Elaborado pela autora

Os satélites CBERS, LANDSAT e SPOT configuram-se como equipamentos de baixa resolução temporal. Apesar das imagens Ikonos e Quickbird apresentarem alta resolução espacial e temporal, elas são obtidas sob demanda comercial de áreas específicas, ou seja, as imagens sobre determinados locais podem ser obtidas esporadicamente. Nesse sentido, as imagens Planet são as únicas nessa resolução espacial que são adquiridas diariamente de forma contínua.

No entanto, a hipótese deste trabalho é parcialmente refutada, pois apesar da plataforma *Planet* disponibilizar imagens diárias para as diferentes localidades, devido às limitações climáticas da região, a maior parte das imagens estão comprometidas com cobertura de nuvens, sendo possível o monitoramento com maior frequência nos meses mais secos em escala grande (mosaico de poucas cenas).

Mesmo que o tamanho da cena da imagem disponibilizada pela Planet seja de 20km x 12km (240 km²) ou de 24.6km x 16.4km (403,44 km²) em nadir, o estudo

implica em solicitar as imagens com opções de filtro de 100% cobertura da área e 0% de nuvem como ideais, o que significa dizer que possivelmente ou eventualmente, terá fragmentos de nuvem numa cena completa ou que justamente esta cena pode conter apenas parte da área do estudo (mesmo que seja 99% da área), deixando esta cena indisponível, de fora do estudo, por não conter as exigências requisitadas. Quando ocorre que a cena disponível não cobre 100% da área, há a possibilidade de se mesclar 2 cenas que podem estar sobrepostas, e posteriormente fazer o recorte, porém nessa opção pode ocorrer destas cenas estarem em projeções diferentes, ainda que não seja comum acontecer, sendo necessário apenas reprojeta-las, no QGIS 3.16 nas opções de ferramentas do *raster*.

A análise da área estudada, englobando a parte urbana da cidade de Manaus e os dois fatos citados como de extrema importância, o incêndio no bairro Educandos e a ocupação irregular da comunidade Monte Horebe no bairro Lago Azul, apesar das incompatibilidades encontradas ao se buscar imagens no catálogo da plataforma Planet, demonstram que o presente estudo ainda assim é viável para detecção e monitoramento no que se refere à desmatamento, modificações no uso e cobertura do solo, ocupações irregulares ou acompanhamento de obra de bairro planejado de alto padrão, devastação, deslizamentos, alagações (citando a histórica subida do Rio Negro neste ano de 2021), cheia e vazante de rios, e uma diversidade de temas que se deseje analisar, dando suporte para os órgãos responsáveis manterem a fiscalização.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo desta pesquisa visou analisar o potencial das imagens Planet para monitoramento de áreas urbanas em Manaus-AM, que contem fragmentos de áreas protegidas e estão constantemente ocupadas pela expansão demográfica da população, haja vista que entre as medidas de políticas públicas no Brasil estão a proteção e manutenção dos recursos naturais.

Há uma necessidade de se realizar um monitoramento das áreas urbanas com o emprego de imagens de satélite, pois dessa forma é possível gerar camadas vetoriais que delimitam as áreas construídas das localidades brasileiras, atendendo a uma demanda crescente da sociedade e do Estado que buscam entender o histórico de expansão das cidades e compreender dinâmicas geográficas recentes em curso no território.

Os satélites Planet disponibilizam imagens diárias de alta resolução, porém a região amazônica recebe intensa precipitação pluviométrica gerando imagens que são parcialmente recobertas por nuvens, todavia não impede de monitorar qualquer área de interesse, detectando as mudanças com agilidade para finalidades comerciais, ambientais e sociais.

As imagens disponibilizadas não aplicando o filtro de 100% de cobertura da área e 0% de nuvens, deixando as possibilidades livres para fazer análises conforme o interesse do usuário, no período de 5 anos (Jun/2016 à Mai/2021), onde nesta opção foram encontradas quantidade de 2371 imagens/mosaico (com cobertura parcial ou total) para a área urbana de Manaus, caracterizando um estudo exitoso, haja vista que ao longo desse período esperava-se obter apenas 1825 (365 dias/ano), devido ao fato de ser um satélite com revisita diária. O mesmo pode-se dizer para as análises feitas para o bairro de Educandos com 1574 imagens, e para o bairro Lago Azul com 1629.

Com o suporte dos dados disponibilizados pela Planet, os órgãos podem monitorar áreas remotamente, de forma rápida e criteriosa, a exemplo da Polícia Federal que usou imagens deste satélite para deflagrar a operação no Amazonas contra suspeitos de realizar queimadas e desmatamento, por meio do cruzamento de imagens de focos de incêndio com dados de proprietários de terras para chegar aos alvos.

Há muitos fatores agregados aos altos índices de ocorrência de ocupações irregulares em Manaus, além do crescimento demográfico, há outras situações consideradas de ordem social, política e econômica, a falta de acesso a moradia faz com que a população busque meios não-alternativos para esta solução.

O monitoramento de áreas, se faz necessário pois há riscos de deslizamentos de terra, alagações, ocupação de encostas e margens de canais de drenagem, assoreamento dos rios, desvalorização do solo urbano, etc., também sendo importante para o zoneamento territorial para permitir o uso de políticas públicas adequadas para a ocupação terrestre de forma organizada.

Diante do exposto sobre a variação climática em Manaus, principalmente em relação à precipitação na área urbana de Manaus contrasta diretamente com a quantidade de imagens disponibilizadas na plataforma da Planet Explorer com filtro de 0% de nuvens nas áreas estudadas.

Então, como conclusão pode se dizer que as imagens Planet têm potencial para o monitoramento de áreas urbanas em Manaus dada as suas características de resolução temporal e espacial, porém as características próprias do clima da região são fatores limitantes, todavia há que se analisar se a área estudada precisa realmente utilizar apenas imagens cobrindo 100% da área, igualmente não necessário ser imagem com 0% de cobertura de nuvens.

Os resultados obtidos neste trabalho de conclusão podem servir de pressuposto para outros estudos científicos com o intuito de planejar e dar suporte sobre os dados das imagens Planet, na avaliação da aplicação desses dados em consonância com a necessidade dos órgãos públicos em utilizar para monitorar o solo e detectar as mudanças com agilidade e informação mais precisa, bem como observar o progresso na retirada da cobertura vegetal e a presença de áreas impermeáveis, principalmente em margens de igarapés.

As imagens Planet podem ser um diferencial nos estudos de Sensoriamento Remoto devido o feito notável de lançar a maior constelação de satélites e com isso captar imagens de todo o planeta para os mais diversos usos, como monitoramento de talhões e desenvolvimento de culturas, também podendo ser combinada com software que cria algoritmos capazes de traduzir as informações que levam a tomada de decisão sobre as condições da lavoura, permitindo ao produtor acessar informações valiosas e obter respostas rápidas.

Com esta pesquisa é possível propor outros estudos sobre os métodos de classificação (não-supervisionado, supervisionado e orientado ao objeto) mais adequados para a resolução das imagens Planet no mapeamento de uso e ocupação de solo e os índices de confiabilidade (Kappa) para cada um deles em comparação com outras imagens de média e alta resolução.

6 REFERÊNCIAS

AMAZONAS ATUAL. Com becos e concentração de casebres, dificuldade para conter incêndio em Educandos era previsível. **AMAZONAS ATUAL**. Amazonas. 18 dez. 2018. Disponível em: <https://amazonasatual.com.br/com-becos-e-concentracao-de-casebres-dificuldade-para-conter-incendio-em-educandos-era-previsivel/>. Acesso em: 08/07/2021.

ANDRADE, Aparecido Ribeiro de; SCHMIDT, Lisandro Pezzi. **Metodologias de pesquisa em Geografia**. Paraná: Unicentro, 2015.

BONAT, Debora. **Metodologia da pesquisa**. Curitiba: IESDE BRASIL SA, 2009.

D24AM. Invasores ocupam irregularmente margens do igarapé da Ponte da Bolívia. **D24am**. Amazonas. 4 mar. 2020. Disponível em <https://d24am.com/amazonas/invasores-ocupam-irregularmente-margens-do-igarape-da-ponte-da-bolivia/>. Acesso em: 29/06/2021.

DGI/INPE. Divisão de Geração de Imagens/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **RapidEye**. <http://www.dgi.inpe.br/documentacao/satelites/rapideye>. Acesso: 19/07/2021.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **CBERS – China-Brazil Earth Resources Satellite ou Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres**. 2013. Disponível em: https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_cbbers.html. Acesso em: 25/06/2021.

EMBRAPA. **Ikonos**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/ikonos>. Acesso em: 25/06/2021.

EMBRAPA. **QuickBird**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/satelites-de-monitoramento/missoes/quickbird>. Acesso em: 25/06/2021.

ENGESAT. Soluções em Imagens de Satélite e Geoprocessamento. **World View 4**. 2020. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/imagem-de-satelite/world-view-4/>. Acesso em: 08/07/2021

ESTADÃO. Brasil tem mais de 11 milhões de favelados, revela IBGE. **ANTP. Associação Nacional de Transportes Públicos**. 06 nov. 2013. Disponível em: <http://antp.org.br/noticias/clippings/brasil-tem-mais-de-11-milhoes-de-favelados-revela-ibge.html>. Acesso em: 29/06/2021.

FAGUNDES, Salomé T.; BARBOSA, Rui C. Novos Starlink em órbita. Os satélites SkySat. **Em Órbita**. Astronáutica e Conquista do Espaço. 18 de ago. de 2020. Disponível em <https://www.orbita.zenite.nu/novos-starlink-em-orbita-2/>. Acesso 19/07/2021.

FEARNSIDE, Philip Martin. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazônica**. v. 36, n.3, p. 395 – 400. 2006.

FERREIRA, Laerte G. et al. Características biofísicas e ocorrência de incêndios em pastagens cultivadas no cerrado brasileiro observadas por dados de satélite de resolução moderada. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 1, pág. 154-167, 2013.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. São Paulo. 2005.

FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2007.

G1 AM. Reintegração de posse na invasão Monte Horebe em Manaus. **G1 AM**. Amazonas. 02 mar. 2020. Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2020/03/02/reintegracao-de-posse-na-invasao-monte-horebe-em-manaus-fotos.ghhtml>. Acesso em: 08/07/2021.

GAMA, Cleiton dos Santos et al. Monitoramento ambiental: estudo de caso no distrito agropecuário da SUFRAMA, Manaus-AM. 2019.

GEODATA ENGENHARIA. **Imagens RapidEye**. Disponível em: <https://geodata.eng.br/sensoriamento-remoto/imagens-rapideye/>. Acesso em: 25/06/2021.

IBGE. **Aglomerados Subnormais**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/organizacao-do-territorio/tipologias-do-territorio/15788-aglomerados-subnormais.html>. Acesso em: 29/06/2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Áreas urbanizadas do Brasil**. Brasília: IBGE, 2015.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manaus: panorama**. Brasília: IBGE, 2017. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/am/manaus/panorama>. Acesso em: 09/06/2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Clima**. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em: 21/07/2021.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres**. Brasília: INPE, 05 fev. 2018. Disponível em: <http://www.cbears.inpe.br/sobre/index.php>. Acesso em: 25/06/2021.

JENSEN, John R. **Sensoriamento remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. 2. ed. São José dos Campos, SP: Parêntese, 2009.

LEAL, Ana Elisa. **Caracterização geomorfológica e análise da ocupação urbana da sub-bacia do Educandos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2018.

LIMA, Bruno Ignacio de. SpaceX lança 58 novos satélites Starlink e 3 da Planet. **OFICINA DA NET**. 15 jun. 2020. Seção SPACEX. Disponível em: <https://www.oficinadanet.com.br/spacex/31400-spacex-lanca-58-novos-satelites-starlink-e-3-da-planet>. Acesso em: 29/06/2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. - São Paulo: Atlas 2003.

MARTINS, Filipe Domingos. **Utilização de técnicas de detecção remota de Acacia sp. Na Região Centro Sul de Portugal Continental**. 2012. Dissertação de Mestrado. Castelo Branco: IPCB. ESA.

MJSP/SNSP. Ministerio da Justiça e Segurança Pública/Secretaria Nacional de Segurança Pública. **Programa Brasil Mais**. Disponível em: <https://plataforma-pf.scon.com.br/#/>. Acesso em: 21/07/2021.

MUNDOGEO. EarthWatch perde contato com o satélite Quickbird 1. **InfoGEO**. Atualizado em 10/04/12. Disponível em: <https://mundogeo.com/2000/12/01/earthwatch-perde-contato-com-o-satelite-quickbird-1/>. Acesso em: 25/06/2021

NASA. National Aeronautics and Space Administration. TIROS, o primeiro satélite meteorológico da nação. **NASA TV**. 1 abr. 2010. Disponível em: https://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_1627.html. Acesso em: 25/02/2021.

NOVO, Evlyn M. L. de Moraes. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. 4. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

OLIVEIRA, Claudianne Brainer de Souza. **Análise da integração espacial de múltiplos sensores**. 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

OLIVEIRA, J. A.; COSTA, D. P. A análise da moradia em Manaus (AM) como estratégia de compreender a cidade. **Scripta Nova**: revista electrónica de geografía y ciencias sociales, v. 11, 2007.

PARANHOS FILHO, A.C. [et al.]. **Geotecnologias para aplicações ambientais**. Maringá, PR: Uniedusul, 2021.

PLANET TEAM. **Interface do programa de aplicação Planet: In Space for Life on Earth**. São Francisco, CA. <https://api.planet.com>. 2018.

PONZONI, Flávio Jorge; SHIMAUKURO, Yosio Edemir; Kuplich. **Sensoriamento remoto da vegetação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

REDAÇÃO PORTAL PROJETA. **Explicando**: Reintegração de posse no Monte Horebe em Manaus. 04 mar. 2020. Disponível em: <http://portalprojeta.com.br/2020/03/04/explicando-reintegracao-de-posse-no-monte-horebe-em-manaus/>. Acesso em: 08/07/2021.

RODRIGUES, Arlete Moysés. **Moradia nas cidades brasileiras**. 10. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

RODRIGUES, Tiago Fonseca; COSTA, Reinaldo Corrêa. Alguns aspectos do risco na comunidade do Lago Azul, Manaus (AM). **Revista Geonorte**, v. 3, n. 4, p. 379-387, 2012.

ROLLERI, D. A. M.; ALENCAR, D. B. Análise preliminar sobre a avaliação de imóveis nas regiões de ocupações irregulares na zona oeste da cidade Manaus. **Revista Artigos.Com**. v. 13, ano 2020.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7. Ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

SCOON GEOSPATIAL. **Imagens SKYSAT**. Disponível em: <https://www.scon.com.br/produtos/imagens-skysat/>. Acesso em: 25/06/2021.

SILVA, Marcio Luiz da; SILVA, Maria do Socorro Rocha da. Perfil da qualidade das águas subterrâneas de Manaus. **Holos environment**, v. 7, n. 1, p. 01-15, 2007.

VASCONCELLOS, R. M. Geotiff: **Uma abordagem resumida do formato**. Rio de Janeiro: CPRM, Serviço Geológico do Brasil, 2002.