



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia



THIAGO AZEVEDO

MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA URBANA:
Proposta de um Sistema de Classificação com Sensoriamento Remoto

CAMPINAS

2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Instituto de Geociências
Departamento de Geografia



THIAGO AZEVEDO

MAPEAMENTO DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA URBANA:
Proposta de um Sistema de Classificação com Sensoriamento Remoto

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
APRESENTADO AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE CAMPINAS.

Orientador: Prof. Dr. Lindon Fonseca Matias

CAMPINAS

2021

*À minha avó, Maria Maximina,
Sempre presente em nossos corações.
Seguiremos felizes e você sempre seguirá conosco.*

AGRADECIMENTOS

A finalização de uma graduação na Universidade Estadual de Campinas sempre foi um dos meus objetivos primordiais e, nesses últimos cinco anos que me trouxeram até aqui, inúmeros acontecimentos ocorreram, a grande maioria inesperada, já que o inesperado é uma das poucas constantes na vida. Sem a ajuda de pessoas muito importantes e próximas de mim, essa trajetória seria muito mais difícil, ou até mesmo impossível, e o presente trabalho tem um pouco de cada uma delas.

Inicialmente, agradeço aos amigos que a Unicamp me trouxe, sempre presentes em vários momentos acadêmicos, profissionais e pessoais, dentre os quais enalteço também os integrantes do grupo GeoGet. Aos amigos com os quais moro e foram responsáveis por momentos de grande importância na minha vida pessoal e profissional. Aos amigos que já estão comigo desde a adolescência, compartilhando momentos pessoais e virtuais nesses anos marcantes da graduação e nos que a antecederam, sem os quais eu provavelmente não teria tomado a decisão de seguir uma vida como geógrafo.

Agradeço ao meu orientador, Prof. Dr. Lindon Fonseca Matias, que me acolheu no grupo e sempre esteve de portas abertas às minhas dúvidas, opiniões, discussões e questões diversas, estando disposto a me ajudar no que fosse possível. Sem dúvidas, este trabalho de conclusão de curso não teria a mesma forma sem os apontamentos e opiniões do professor Lindon. Ainda agradeço ao Prof. Dr. Diego Fernando Ducart, com o qual trabalhei por quase três anos e foi um dos responsáveis pelo despertar da minha paixão pelo sensoriamento remoto. Meu progresso como geógrafo e pesquisador se deve muito às orientações dos professores Lindon e Diego.

Sobretudo, agradeço à minha mãe, Roselene, sem a qual meu caminho até aqui teria sido muito mais difícil e até mesmo impossível, e aos meus irmãos Thais e Jefferson, minha gratidão e amor infinitos. À minha mãe, agradeço e ainda digo que esse será apenas o começo de muitas coisas que estão por vir, que nesses tempos confusos e tenebrosos, sua felicidade me trouxe forças.

RESUMO

O processo de urbanização brasileiro reorganiza o território nacional há mais de um século e, atualmente, a ascensão do meio técnico-científico-informacional acelerou essa metamorfose, conferindo ao urbano alto grau de complexidade. A variedade de usos e ocupações inseridos na terra urbana são expressão dessa complexidade e o estudo dessas formas por meio de um sistema de classificação é imprescindível, mas muitos dos sistemas atuais não são capazes de capturar essa complexidade, condensando problemáticas. Este trabalho tem como objetivo principal a proposta de um sistema de classificação do uso e ocupação terra urbana, que consiga demonstrar as multiplicidades do espaço urbano por meio de sensoriamento remoto, com base nos dados do sensor WPM, do satélite sino-brasileiro CBERS 04A. A metodologia está centrada no levantamento dos elementos visuais das imagens de sensoriamento remoto, por meio de interpretação visual, visando os relacionar com cada classe de uso e ocupação proposta. Com isso, este trabalho busca produzir conhecimento para que trabalhos de uso e ocupação evidenciem as multiplicidades urbanas e para o planejamento urbano mais adequado à realidade das cidades.

Palavras-chave: espaço urbano; sistema de uso e ocupação da terra; sensoriamento remoto; CBERS 04A.

ABSTRACT

The Brazilian urbanization process has been reorganizing the national territory for over a century and, currently, the rise of the technical-scientific-informational environment has accelerated this metamorphosis, giving the urban a high degree of complexity. The variety of urban land use and cover is an expression of this complexity and the study of these forms through a classification system is essential, but many of the current systems are not able to capture this complexity, condensing problems. The main objective of this work is to propose a classification system for urban land use and cover, which can demonstrate the multiplicities of urban space through remote sensing, based on data from the WPM sensor, from the Sino-Brazilian satellite CBERS 04A. The methodology is centered on surveying the visual elements of remote sensing images, through visual interpretation, aiming to relate them to each proposed land use and cover classes. With that, this work seeks to produce knowledge so that researches on land use and land cover can highlight urban multiplicities and for a more adequate urban planning, suited to the city's reality.

Keywords: urban space; land use and land cover classification system; remote sensing; CBERS 04A.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Espectro Eletromagnético	22
Figura 2 – Relação Entre os Subsistemas de Sensoriamento Remoto.....	28
Figura 3 - Sequência Lógica dos Procedimentos Metodológicos.....	34
Figura 4 – Sequência Lógica para a Chave de Interpretação	40
Figura 5 – Perímetro Urbano de Campinas	41
Figura 6 – Diretrizes e Elementos para a Elaboração do Sistema	41
Figura 7 – Imagem de Condomínio e Lotes Residenciais	51
Figura 8 – Habitações em Condomínio Fechado (A).....	52
Figura 9 - Habitações em Lote Privado (B)	52

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 1 - Critérios de Resolução de Acordo com Níveis de Detalhamento	31
Quadro 1 - Unidades de Classificação Urbana do CLC	17
Quadro 2 – Nível de Classificação do Espaço Urbano, de Riegel et al. (2019)	18
Quadro 3 - Elementos Visuais, suas Variações e Imagens para Interpretação	39
Quadro 4 – Níveis e Classes do Sistema de Uso e Ocupação Proposto	43
Quadro 5 – Definições das Classes Propostas.....	44
Quadro 6 – Chave de Interpretação	54
Quadro 7 – Áreas Agrícolas Urbanas.....	58
Quadro 8 – Comércio e Serviços Inseridos em Lotes Médios.	60
Quadro 9 – Comércio e Serviços Concentrados em Lotes Grandes	62
Quadro 10 – Complexos Industriais	64
Quadro 11 – Indústrias a Céu Aberto	65
Quadro 12 – Residências Plurifamiliares em Lotes Privados.....	67
Quadro 13 – Residências Plurifamiliares em Condomínio Fechado	69
Quadro 14 - Residencial Plurifamiliar Informal	70
Quadro 15 – Residências Unifamiliares em Lotes Privados	71
Quadro 16 – Residências Unifamiliares em Condomínio Fechado	72
Quadro 17 – Ruas, Anéis e Rodovias.....	74
Quadro 18 – Aeroporto.....	75
Quadro 19 – Cemitérios	76
Quadro 20 - Equipamento Urbano	77
Quadro 21 – Lotes Desocupados.....	78
Quadro 22 – Cobertura Vegetal	79
Quadro 23 – Corpos Hídricos	80

LISTA DE ABREVIÇÕES

CBERS	China-Brazil Earth Resources Satellite
CLC	Corine Land Cover Project
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
LIDAR	Light Detection and Ranging
NASA	National Aeronautics and Space Administration
NIR	Infravermelho Próximo
REM	Radiação Eletromagnética
RGB	Red, Green, Blue (Região Visível do Espectro Eletromagnético)
RPA's	Sistemas de Aeronaves Remotamente Pilotadas
SIG	Sistema de Informação Geográfica
UOT	Uso e Ocupação da Terra
UOTU	Uso e Ocupação da Terra Urbana
URS	Sensoriamento Remoto Urbano
USGS	United States Geological Survey

Sumário

1. Introdução	1
2. Objetivos Geral e Específicos	4
3. Reflexões Teóricas	4
3.1 O Avanço da Urbanização Brasileira à sua Conjuntura Atual	5
3.2 Sistemas de Classificação do Uso e Ocupação da Terra	9
3.3 Sistemas de Classificação de Uso e Ocupação da Terra Urbana	14
3.4 Princípios e Análise de Dados de Sensoriamento Remoto	20
3.5 Sensoriamento Remoto Aplicado ao Uso e Ocupação Urbano	29
4. Procedimentos Metodológicos	33
4.1 Levantamento da Bibliografia	34
4.2 Escolha da Área de Estudos e Aquisição dos Dados	36
4.3 Elaboração da Chave de Interpretação e Sistema de Classificação	38
5. A Terra Urbana e os Sensores Remotos	46
5.1 O Sistema de Classificação	46
5.2 A Chave de Interpretação	50
5.3 As Classes do Sistema de Classificação	57
6. Considerações Finais	81
7. Referências Bibliográficas	85
ANEXOS	90

1. Introdução

O espaço urbano como conhecemos atualmente é expresso em cidades com níveis hierárquicos distintos, que são comumente relacionados à imagem de cidade internacional, complexa e caótica, à cidade de pequeno porte, interiorana e pacata, ou ainda à cidade intermediária, em que as características de ambos os extremos podem ser encontradas. Contudo, essa imagem não tange a realidade complexa que permeia o arranjo urbano contemporâneo, que vai além do caos verificado em grandes capitais ou ainda da calma de uma cidade interiorana. O complexo arranjo urbano contemporâneo provém de um processo de urbanização traçado por décadas e movido por forças hegemônicas capitalistas.

Com seu nascimento na revolução industrial, o urbano é uma categoria de espaço que surge com a organização espacial feita pelo processo de urbanização, visando a reprodução do capitalismo industrial. O termo “cidade”, de acordo com Lencioni (2008), é definido pela existência de aglomeração sedentária, mercado e administração pública, em meio ao qual reside o denominado espaço urbano e seus fluxos materiais e imateriais.

Uma maneira eficaz de evidenciar a complexidade urbana contemporânea é por meio da morfologia antrópica distribuída em tipologias de Uso e Ocupação da Terra (UOT). A análise de como o uso e ocupação se manifesta no espaço é fundamental para a compreensão da realidade urbana local, sendo necessário o estudo detalhado de suas classes e unidades.

O grande avanço tecnológico colaborou para a diversidade de abordagens dos estudos de UOT e, atualmente, o alicerce principal está nas geotecnologias e dados de sensoriamento remoto. Como exemplo, a aplicação de um Sistema de Informação Geográfica (SIG) auxilia na sistematização, integração, identificação, tratamento e processamento dos dados adquiridos de satélites e outras plataformas de sensoriamento remoto (IBGE, 2013).

No caso brasileiro, um exemplo de veículo orbital, com sensores remotos, é o CBERS 04A, satélite lançado em dezembro de 2019, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O CBERS 04A conta com três sensores, sendo a

Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM), Câmera de Campo Largo (WFI), Câmera Multiespectral (MUX). Alguns desses sensores são potenciais instrumentos para classificação urbana, mas poucos trabalhos são reportados sobre sua aplicação em temáticas como a deste trabalho, por serem sensores recentes que ainda precisam ser explorados.

A classificação das formas urbanas em classes de UOT demanda estudos e enfoques próprios, que a diferencie das demais categorias de classificação, como florestal, agrícola, rural, entre outras, por conta da complexidade do arranjo urbano atual e do processo de urbanização em si. Esse ramo de estudo apresenta dificuldades a serem ultrapassadas, que vão desde fatores metodológicos até às especificações técnicas de dados remotos, contudo a evolução dos sensores e aprimoramento de suas resoluções espacial, radiométrica e espectral colabora para o desenvolvimento de análises urbanas.

A literatura especializada reporta diversas metodologias de análises espaciais, agrupadas em digitais e visuais, que serão abordadas diretamente na fundamentação teórica deste trabalho, contudo são escassas as menções de um sistema desenvolvido especificamente para a classificação da área urbana, sobretudo no cenário brasileiro. As classificações de Uso e Ocupação da Terra Urbana (UOTU) usualmente são desenvolvidas visando estudos de caso específicos, isto é, a realidade urbana de uma cidade ou região em questão, e sistemas de classificação gerais abordam o espaço urbano de maneira generalizada, não evidenciando sua realidade complexa.

Ao considerarmos a grande influência territorial que as cidades têm, independentemente de seu tamanho, e o alto nível de mutação a qual centros urbanos são suscetíveis, um estudo e proposta de sistema de classificação de UOTU é necessária. A disponibilidade de sensores de alta tecnologia sustenta o desenvolvimento de um estudo com esse fim, auxiliando o planejamento territorial e o enaltecimento de fenômenos socioespaciais do quebra-cabeça urbano, de maneira que eles sejam captados por meio dos sensores remotos e expressos com o conteúdo cartográfico e análises geográficas.

Em meio a isso, surge a proposta deste trabalho de conclusão de curso, que está segmentado em quatro sessões gerais: *1. Reflexões Teóricas, 2. Procedimentos Metodológicos 3. A Terra Urbana e os Sensores Remotos e 4. Considerações Finais e Referências Bibliográficas.*

O primeiro capítulo, *Reflexões Teóricas*, aponta o estado da arte acerca dos temas centrais necessários para o cumprimento deste trabalho, como a urbanização brasileira, sistemas de classificação de uso e ocupação da terra e sensoriamento remoto. Visando a fundamentação detalhada da metodologia, o capítulo foi dividido em cinco temáticas gerais: *3.1 O Avanço da Urbanização Brasileira à sua Conjuntura Atual, 3.2 Classificação de Uso e Ocupação da Terra, 3.3 Classificação de Uso e Ocupação da Terra Urbana, 3.4 Princípios e Análise de Dados de Sensoriamento Remoto e 3.5 Sensoriamento Remoto Aplicado ao Uso e Ocupação Urbano.* O primeiro segmento engloba a contextualização acerca da urbanização brasileira, para que a complexidade urbana contemporânea possa ser compreendida e analisada de maneira crítica, a segunda e terceira visam explicar os conceitos de UOT e UOTU, demonstrando os principais trabalhos da área, e por fim o quarto e quinto segmentos fundamentam os princípios de sensoriamento remoto e a aplicação de sensores para estudos do UOTU.

O segundo segmento, *Procedimentos Metodológicos*, demonstra o planejamento para a execução do trabalho aqui proposto, sendo explanados os procedimentos e literatura base. Os procedimentos serão demonstrados em três tópicos: (i) levantamento da bibliografia, (ii) escolha da área de estudos e aquisição dos dados e (iii) elaboração da chave de interpretação e sistema de classificação.

No segmento seguinte: *A Terra Urbana e os Sensores Remotos*, serão demonstrados a proposta de sistema, feita com base em uma chave de interpretação e dados do satélite CBERS 04A. A discussão seguirá por meio da apresentação e discussão do sistema proposto, da chave de interpretação e então serão discutidas e demonstradas as classes propostas individualmente.

Por fim, serão pontuadas as conclusões gerais acerca da proposta metodológica deste trabalho e, então, serão apresentadas as referências utilizadas para seu cumprimento.

2. Objetivos Geral e Específicos

Este trabalho de conclusão de curso tem como objetivo geral propor uma classificação para mapeamento de uso e ocupação da terra urbana, utilizando dados de sensoriamento remoto adquiridos pelo satélite CBERS 04A, como forma de contribuir para o planejamento urbano e estudo de questões socioespaciais.

Os objetivos específicos estão centrados em (i) explorar as contribuições do sensoriamento remoto aos estudos do espaço urbano, (ii) avaliar se as formas superficiais urbanas, expressas pelos elementos das imagens de sensoriamento remoto, são suficientes na identificação e delimitação das classes de uso e ocupação da terra urbana (UOTU), e (iii) propor uma tipologia para mapeamento do UOTU baseada na aplicação das imagens obtidas pelo satélite CBERS 04A para estudos urbanos.

3. Reflexões Teóricas

Neste terceiro capítulo serão retomados conceitos centrais, que permeiam discussões acerca das classificações de UOT, sobretudo com enfoque na terra urbana, fazendo o levantamento de importantes discussões na área. Temáticas centrais e literatura especializada serão apresentadas e relacionadas, desde os fundamentos do espaço urbano brasileiro e seu processo de urbanização, até os princípios de sensoriamento remoto e como eles são aplicados na classificação de UOTU.

Essa retomada é importante para a fundamentação central do trabalho e discussão que será desenvolvida, auxiliando no desenvolvimento de um olhar crítico em relação aos tipos de UOTU e metodologias utilizadas para o desenvolvimento de sistemas de classificação.

3.1 O Avanço da Urbanização Brasileira à sua Conjuntura Atual

O espaço urbano brasileiro e suas características tais como conhecemos tem origem em raízes industriais do início do século XX, momento em que o avanço da atividade industrial era impulsionado pelo aprimoramento das técnicas e ciência. A mecanização da produção verificada nesse período criou uma conjuntura que culminou no processo de urbanização brasileiro, o qual se solidificou no território ao longo do século XX. Atualmente, o arranjo urbano nacional é onde 84,72% da população habita, equivalendo a mais de 120 milhões de pessoas (PNAD, 2015) configurando um espaço heterogêneo e complexo.

O processo de industrialização brasileiro é dividido em duas etapas, a primeira anterior a 1950, em que os incentivos do Estado ao desenvolvimento industrial eram ínfimos, e a segunda após a década de 50, cuja mobilização estadual teve maior engajamento. A primeira metade do século XX foi marcada por um processo industrial pouco expressivo e polarizado, a ausência de incentivos do governo atrelava as atividades industriais ao setor agrícola-exportador, com enfoque na principal produção exportadora da época, a cafeeira. A polarização gerou grande dependência da economia interna ao setor cafeeiro, contudo o advento da Segunda Guerra Mundial durante a década de 30 fez com que o Estado direcionasse mais seus incentivos à industrialização, marcando um crescimento da atividade industrial relacionada a outros setores, como manufatura e bens intermediários (SUZIGAN, 1988)

A partir da década de 50, a atuação e mobilização do Estado no avanço da industrialização cresceu esporadicamente, por meio de artifícios como um Plano de Metas, adoção de postura protecionista em relação ao mercado interno, criação do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico (BNDE) e aumento dos incentivos financeiros às indústrias de base e infraestrutura. A inserção do regime político ditatorial e recessão econômica durante a década de 60 frearam o desenvolvimento industrial brasileiro, apesar dos incentivos do Estado à expansão do mercado interno e exportação de manufaturados. Esse movimento foi invertido na década de 70, com um novo ciclo do capital industrial, fomentado por subsídios do Estado, que consolidou o processo em território brasileiro (SUZIGAN, 1988).

Para além da mobilização do Estado e subsídios direcionados a exportação e infraestrutura, o processo de industrialização brasileiro foi embasado pela solidificação da ciência e técnica como instrumentos de estruturação do arranjo espacial, isto é, os progressos verificados e a reorganização espacial seguiam os direcionamentos científicos e técnicos. Nesse contexto histórico, Santos (1993) aponta que é fundamentado o meio técnico-científico, sendo um meio geográfico em que os processos de reordenação espaciais são orientados pela ciência e técnica, visando atender as demandas hegemônicas.

Ao longo do século XX, é verificada a difusão do meio técnico-científico no território, por meio da implementação de infraestruturas, desenvolvimento do sistema de transportes, telecomunicações e energia, assim como por incentivos às atividades econômicas hegemônicas, em espaços rurais e urbanos. O processo de modernização foi uma tendência que, contudo, não atingiu as distintas partes do território de maneira generalizada, mas sim dispersa, coincidindo com as áreas mais concentradas do território. Um exemplo sendo a cidade de São Paulo, como discorrido por Lencioni (2008), cuja aglomeração produtiva nas regiões próximas conduziu esse aglomerado urbano para o patamar de polo econômico brasileiro, enquanto outras regiões permaneceram com desenvolvimento econômico e produtivo pequeno, no mesmo período.

Em meio ao advento de um meio técnico-científico e da industrialização, há o desenvolvimento da urbanização brasileira, sendo uma tríade de processos indissociáveis e codependentes. O avanço do processo de urbanização foi marcado pela transição de um território predominantemente rural e agrário, como verificado até meados do século XX, a uma sociedade predominantemente urbana e moderna, como é evidenciado no arranjo territorial atual.

A urbanização tem como sua expressão o crescimento do número de cidades e da concentração de pessoas habitando esse espaço, assim formando aglomerações urbanas complexas e heterogêneas. Santos (1993) faz uma análise detalhada do perfil urbano brasileiro, demonstrando o crescimento da população urbana, a diminuição do número de habitantes em áreas rurais e o aumento das aglomerações em cidades. Até a década de 70, foi verificado o predomínio da população rural, contudo no

decorrer do século XX ocorreu a inversão dessa primazia, dando espaço ao crescente contingente urbano e suas atividades, tendência que também é verificada no progresso das aglomerações urbanas. Até meados do século XX havia predominância de aglomerações com 20 mil habitantes, até que em 1980 houve o crescimento expressivo do número de cidades com mais de 100 mil habitante e, por fim, na década de noventa foi registrado o fenômeno das cidades milionárias, com população ultrapassando 1 milhão de pessoas. Esses fenômenos estão diretamente relacionados ao avanço industrial, grande crescimento demográfico verificado e acentuação da divisão do trabalho (SANTOS, 1993).

O meio técnico-científico trouxe melhorias na qualidade de vida da população, pela criação de novas estruturas e aumento da acessibilidade a serviços de saúde e saneamento básico, havendo um impulso demográfico no Brasil, com crescimento populacional atingindo 180% até a década de 80 (SANTOS, 1993). As novas estruturas conferiram a maior fluidez territorial, mesmo que polarizada, colaborando para a descentralização da produção e, assim, para a acentuação da divisão do trabalho. A demanda crescente por serviços e produtos distintos, assim como o maior poder de compra da população, verificado pela divisão do trabalho, inicia um processo de alteração do perfil de consumo, o qual é acentuado esporadicamente (SMITH, 1996).

Assim, o espaço urbano como conhecemos atualmente começa a ser estruturado, sendo um produto da sociedade capitalista em permanente mutação, como afirmado por Santos (1985). O contínuo processo de metamorfose confere um maior arranjo espacial, devido à união de bairros pobres, de luxo, unidades industriais e de produção à malha urbana, como mencionado por Sposito (2000), sendo regiões que antes eram periféricas, mas que atingem os limites da cidade com a implementação de novas estruturas e crescimento demográfico.

Outro aspecto determinante na complexidade desse arranjo é a especulação imobiliária, como mencionado por Santos (1993), por ela ser responsável pela alocação desse crescente contingente populacional urbano. A especulação faz com que ocorra o processo de transformação urbana seletiva, em que os tipos de UOT mais valorizados e diversificados concentram-se em áreas determinadas, enquanto

as regiões periféricas têm pouca acessibilidade e disponibilidade desses mesmos serviços, firmando a relação desigual entre centro-periferia urbana.

Nas últimas décadas do século XX, o avanço da ciência e técnica funcionalizou o espaço e solidificou o processo de globalização, ocorrendo a internacionalização e união dos espaços. Isso foi possível pela instantaneidade das informações, o que tornou imediato o conhecimento e acesso a acontecimentos, firmando a mundialização do espaço geográfico e a internacionalização do território nacional. Nesse momento, a informação começa a desempenhar papel central na ordenação do território e é iniciado o processo de informatização espacial, juntamente da tecnificação e cientificação, sendo condicionado um novo meio geográfico, o técnico-científico-informacional (SANTOS; SOUZA; SILVEIRA, 2013).

Com o novo meio, ocorre a intensificação das características urbanas mencionadas, condicionando a acentuação das disparidades socioeconômicas, de questões socioespaciais, da heterogeneidade e complexidade urbanas. A produção do espaço urbano brasileiro assume as dinâmicas e características contemporâneas, a partir das quais é solidificada a grande cidade capitalista, com diferentes usos da terra, justapostos entre si.

O espaço urbano contemporâneo está inserido nessa grande cidade capitalista e é definido por Corrêa (1989) a partir de uma essência fragmentada e articulada, em que a reorganização espacial e consequente inserção de distintos usos e ocupações na terra, acaba fragmentando-o. O espaço urbano se torna condicionante social e expressão de uma sociedade capitalista desigual e mutável, sendo reflexo dela, conceito também desenvolvido por Lefebvre (2006). Então, a cidade contemporânea é solidificada como um campo de lutas e conflitos, em que ocorre a disseminação de crenças, ideologias, atitudes e valores de maneira concomitante.

Conforme discutido por Santos, Souza e Silveira (1998), essa identidade transcende os limites da cidade, relacionando-se com pontos que vão além dela, e colabora para o aprofundamento da divisão do trabalho, que o fragmenta ainda mais. Essa fragmentação ocorre pela consolidação do espaço como mercadoria, decorrente dos movimentos de especulação imobiliária, sendo produzido uma multiplicidade de

usos para movimentação, trabalho, lazer, habitação, entre outros, criando uma pluralidade de metrópoles, centros, periferias e uma morfologia urbana complexa e heterogênea.

O conceito de morfologia urbana é abordado por Lamas (2010) e é definido como o estudo das estruturas e configurações exteriores dos objetos e feições que ocupam a cidade, a partir do qual o arranjo urbano e os processos que o produzem podem ser explicados. A morfologia de uma cidade compreende objetos diversos, antrópicos e não antrópicos, tais como edifícios, casas, parques com ampla vegetação, solos expostos, áreas de recreação diversas, entre outros, de maneira que quanto maior a aglomeração urbana, mais complexos e diversos serão seus objetos (SANTOS, 1993). Os autores ainda fomentam que a leitura e análise dessa morfologia de uma área deve partir da escala individual para o conjunto, isto é, do estudo de um objeto particular para o escopo geral da cidade, para que todo arranjo seja compreendido.

A arranjo do espaço urbano contemporâneo se desenvolveu e atingiu níveis de complexidade e heterogeneidade sem precedentes, quando comparados às demais produções do ser-humano, contando com uma diversa gama de formas e conteúdos (KROPF, 2009). Para a compreensão da totalidade do espaço urbano, a análise de sua morfologia é indispensável, uma vez que com ela o diagnóstico e elevação de problemas atrelados às cidades pode ser feito.

3.2 Sistemas de Classificação do Uso e Ocupação da Terra

A complexidade do arranjo urbano brasileiro contemporâneo e sua metamorfose acelerada condicionam problemáticas de diversas origens, que podem atingir a sociedade de distintas maneiras. Sposito (2000) menciona que essas problemáticas estão relacionadas às questões habitacionais e ambientais, pela alta densidade demográfica verificada nas cidades, infraestruturas precárias e pela geração de grande volume de lixo e poluentes. Villaça (1978) aponta que a alteração do espaço pelo homem deriva da necessidade de adaptação desse espaço às demandas cotidianas da vida humana, assim a reorganização espacial ocorre no sentido de

otimizar o trabalho e necessidades do ser humano. As formas de UOT derivadas dessa interação compreendem o arranjo urbano, e para fins de estudos governamentais, socioespaciais, econômicos e ambientais podem ser agrupados em um sistema de classificação.

Teramatsu (2012) pontua que as mobilizações de geógrafos, acerca do mapeamento de UOT, iniciaram na primeira década do século XX, com levantamentos feitos, sobretudo, por meio de observações de campo. O autor argumenta que o primeiro sistema de classificação de UOT foi proposto por Carl Sauer, em 1919, e serviu de base para muitos mapeamentos regionais na época. Nas décadas seguintes, sistemas em escalas nacionais surgiram, aponta, sendo um marco para os estudos de UOT, e as metodologias gradualmente foram aprimoradas, saindo da base em estudos de campo, para a análise por meio de fotografias aéreas.

O avanço das técnicas evidenciado em meados do século XX possibilitou o aprimoramento dos estudos espaciais, pelo desenvolvimento do sensoriamento remoto e acesso à dados orbitais. No último século, o sensoriamento remoto se consagrou como um instrumento de estudo e observação terrestre consolidado e bem estruturado, possibilitando análises baseadas em distintos dados e múltiplas escalas. Esse avanço proporcionou base para o desenvolvimento do primeiro sistema de classificação de UOT baseado em dados remotos, desenvolvido por Anderson et al. (1979) e proposto a partir do *United States Geological Survey* (USGS) e da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Com base nas imagens do satélite americano Landsat, foi desenvolvida uma *geodatabase* chamada *Global Land Survey* (GLS), com dados que datam desde 1975 e de amplo acesso (GUTMAN et al., 2013).

A partir de então, sistemas de classificação das formas de UOT começaram a se basear em dados orbitais, sendo uma das maneiras mais eficazes de adquirir muitas informações necessárias, junto de dados de campo, censos demográficos e outros instrumentos. Para elaboração do sistema, esses dados são agrupados em classes, com base em aspectos homogêneos entre os objetos, e então são definidas unidades de mapeamento (ANDERSON et al., 1979; IBGE, 2013).

A mobilização da USGS originou de demandas de órgão federais, regionais e estaduais acerca da necessidade de uma compreensão mais completa e atualizada das formas de UOT presentes no território. Essa demanda também é originada da necessidade de um sistema padronizado, como apontando por Araújo Filho et al. (2007), que sirva de base para a aplicação em distintas escalas, não apenas na local e regional. A partir disso, Anderson et al. (1979) propuseram parâmetros básicos para o desenvolvimento de um sistema de classificação baseado em dados orbitais, que são utilizados em muitos trabalhos da literatura.

As diretrizes propostas envolvem a necessidade de o sistema permitir a identificação dos tipos de uso e ocupação por meio de classes explícitas, sendo necessário generalizar algumas características e definir nomenclaturas genéricas às classes, o que possibilitará a aplicação desse sistema em vários objetivos e sua manipulação por distintos agentes. Os níveis de classificação devem seguir uma hierarquia de detalhamento, em que os primeiros são necessariamente mais genéricos e em escalas amplas, para que classes secundárias possam agrupar maior gama de detalhes. As classes devem ter potencial de aplicação em trabalhos com distintos objetivos. Quanto aos dados orbitais, é pontuada a necessidade de eles estarem de acordo com as dimensões da terra a ser estudada, agrupando-a integralmente na cena, e que o sistema possa utilizar dados de diferentes épocas do ano (ANDERSON et al., 1979; ARAÚJO FILHO et al., 2007).

Há ainda a necessidade de distinção entre os termos “uso” e “cobertura“, que é feita com êxito por Novo (2008). A autora pontua que “uso” é referente à utilização cultural, envolvendo a finalidade das formas na sociedade, enquanto cobertura é relacionada ao revestimento da superfície, sendo ela antrópica ou não antrópica. Por fim, a distinção entre os termos “terra” e “solo” é importante de ser feita, na Geografia solo está relacionado aos estudos pedológicos, então a utilização do termo “terra” é mais adequada.

Outro trabalho importante a ser mencionado é o *CORINE Land Cover Project* (CLC), criado para o desenvolvimento de um sistema de classificação de uso e ocupação unificado a 12 países da União Europeia, visando embasar o gerenciamento do território e de recursos naturais. Assim como a mobilização da USGS, o projeto foi

desenvolvido pela necessidade de informações espaciais mais sólidas, uma vez que grande parte delas era heterogênea e fragmentada pelo território europeu, sendo feita por órgãos regionais ou privados. A partir disso, foram implementadas *geodatabases* baseadas em dados de satélite, que são utilizadas amplamente em estudos do território europeu (HEYMANN, 1994).

No cenário brasileiro, o uso dos dados orbitais e consolidação do sensoriamento remoto ocorreu a partir da década de 70, por meio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que se destaca desde então e conta com satélites e sensores que geram dados de ampla utilização nacional e internacional. A aplicação desses dados para análises UOT seguiu as tendências internacionais, voltando-se ao estudo dos recursos naturais (MONTEIRO, 2008).

Atualmente, um dos sistemas de classificação mais reconhecidos no Brasil é o do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), proposto por meio do *“Manual de Uso e Ocupação da Terra”*, publicado em 1999 e reformulado nos anos de 2006 e 2013. Esse manual elenca os elementos básicos a serem seguidos para o desenvolvimento de um sistema de uso e ocupação, sendo eles (i) a escala de mapeamento, (ii) a natureza da informação básica, (iii) a unidade de mapeamento e definição da menor área a ser mapeada e (iv) a nomenclatura (IBGE, 2013).

A escala de mapeamento, em sua essência matemática, corresponde à proporção entre a representação gráfica de um objeto e suas dimensões reais, mas sua definição não se limita apenas às raízes matemáticas. A escolha de uma escala e seu alinhamento com o objetivo de estudo é determinante no potencial de análise e reflexão que um trabalho terá, uma vez que distintas escalas possibilitam interpretações espaciais com distintos níveis de análise (IBGE, 2013).

A natureza da informação básica remete aos dados que dão base ao levantamento e classificação do UOT, no caso as imagens orbitais de sensoriamento remoto. A análise do uso e ocupação do espaço, a partir dos dados dessa natureza, é baseada em três princípios centrais, sendo eles (i) o objeto de estudo, referente às formas espaciais de uso e ocupação, (ii) a radiação eletromagnética, elemento fundamental do sensoriamento remoto, que provém da radiação solar e elenca o

espectro eletromagnético, e (iii) a escolha do sensor, de acordo com os objetivos do trabalho e as demandas técnicas para seu cumprimento (NOVO; PONZONI, 2001; IBGE, 2013).

Unidade de mapeamento é definida pelo IBGE (2013) como o agrupamento de formas espaciais homogêneas em unidades e classes, que variam em nível de detalhamento. Ainda é importante apontar que o espaço é composto de graus de homogeneidade, e que as formas de UOT a contam com heterogeneidade, por mais homogêneas que sejam, o que vai de acordo com as generalizações, pontuado por Anderson et al. (1979).

Por fim, a nomenclatura engloba as terminologias dadas às unidades de UOT, muitas vezes definidas a partir das atividades humanas mais expressivas no espaço de análise. Para garantir a reprodução dos resultados, a construção e definição da nomenclatura de classificação deve estar alinhada aos objetivos do trabalho, ser clara, precisa e compatível com a fonte básica de dados e a menor área a ser mapeada (IBGE, 2013).

No cenário atual, são verificadas algumas tendências que diferem do foco que essas pesquisas tiveram, até então. Nas últimas décadas, as mobilizações seguiram incentivos de esquematizar informações espaciais visando problemáticas ambientais, como o próprio manual do IBGE (2013), que tem foco na interação equilibrada entre meio natural e artificial. Outras temáticas centrais seriam o monitoramento e mapeamento dos usos no espaço, como verificado nas mobilizações do CLC e USGS, e o modelamento dos usos (MULLER; MUNROE, 2014).

As movimentações atuais apontam que a emergência do espaço mundializado e complexo inseriu os trabalhos da área em três temáticas específicas: globalização e uso da terra, urbanização e a competição pela terra privada. O avanço de sensores de coleta mais potentes, o desenvolvimento de novos métodos de processamento e o estabelecimento de procedimentos básicos a serem seguidos são grandes estímulos para essas novas temáticas, colaborando para a geração de produtos globais e consistentes (MANAKOS; LAVENDER, 2014; MÜLLER; MUNROE, 2014).

3.3 Sistemas de Classificação de Uso e Ocupação da Terra Urbana

Os estudos relacionados ao espaço urbano e como a urbanização influenciou o UOT são temáticas em voga atualmente, com alguns trabalhos recentes reportados na literatura. Hewitt e Escobar (2011) utilizaram a *geodatabase* do CLC para definir as dinâmicas de alteração urbana de Madrid, a fim de desenvolver um modelo urbano mais sustentável, Diaz-Pacheco e Gutiérrez (2014) também desenvolveram um estudo a partir do CLC, com o objetivo de definir suas limitações nas aplicações urbanas, Huang et al. (2018) empregaram o método de redes neurais para mapear os tipos de uso e ocupação urbana de Hong Kong e Riegel et al. (2019) propuseram uma classificação do uso e ocupação da cidade sul-rio-grandense de Nova Hamburgo, com base em classificação supervisionada e vetorização manual. Com esses trabalhos, é evidenciada a importância e necessidade da abordagem aplicada ao urbano nos estudos de UOT.

Uma vez contextualizadas e demonstradas as abordagens de classificação do uso e ocupação, é necessária uma discussão mais aplicada aos tipos de UOTU, em seu contexto contemporâneo, demonstrando o que são, quais são os agentes que os alteram, como expandem no espaço urbano e o que representam dentro da cidade capitalista. Dessa maneira, a compreensão das discussões seguintes tornar-se-ão mais palpáveis.

A alteração e ordenação do arranjo urbano não acontece de maneira esporádica, ela segue princípios e estímulos determinados por forças hegemônicas de agentes públicos e privados. As ações do Estado influenciam diretamente a organização do uso e ocupação no espaço, a força pública segue o direcionamento de políticas e planos de desenvolvimento territorial que preveem uma ação específica no espaço e tem repercussão no arranjo como um todo. Já as influências do setor privado, como empresas, entidades ou indivíduos, agem no arranjo por meio de um mecanismo de mercado, isto é, atribuindo valores à terra, já que ela é uma propriedade privada na cidade capitalista. A influência do setor privado muitas vezes é a mais evidente nos espaços urbanos brasileiros, por ser feita de maneira descentralizada e rápida e se basear na mobilidade do capital de várias origens,

enquanto a pública ocorre de maneira mais centralizada e lenta, dependendo do dinheiro público (VILLAÇA, 1978; SINGER, 1980).

A expansão dos tipos de uso e ocupação segue o crescimento das cidades, à medida que novos centros de aglomerações surgem na malha urbana, ocorre o desenvolvimento de novos usos e conseqüente aumento da complexidade do arranjo. Aglomerações são forças atrativas para a diversidade dos tipos de uso e ocupação, uma vez que elas contam com características que tendem a favorecer ou complementar novas alterações espaciais, como exemplo um bairro residencial em constante crescimento cria a demanda pelo acesso a serviços básicos, surgindo a atração para tais serviços na terra (SINGER, 1980).

A solidificação do meio técnico-científico-informacional trouxe estruturas e fluidez ao território e colaborou para essa multiplicação de aglomerações, por aspectos como a implementação de meios de transporte e desenvolvimento da viário, permitindo a acessibilidade a serviços. Contudo, assim como a inserção desse novo meio no território foi polarizada, também será desigual a distribuição dos tipos de uso e ocupação na terra urbana, pois ela segue diretrizes de valorização da localidade e questões socioespaciais.

Villaça (1978) pontua que a valorização da terra é definida segundo sua localidade, variando por características sociais e econômicas vinculadas às comunidades em que o tipo de uso será inserido, de maneira que quanto maior o aporte financeiro da população, nível de desenvolvimento técnico e alinhamento com determinadas características físicas e químicas, maior será o valor atribuído à terra. Seguindo essa lógica na realidade brasileira, nota-se que os tipos de uso e ocupação do arranjo urbano contemporâneo não são constantes ao longo da cidade, eles variam de acordo com as características socioeconômicas da região. É possível vincular determinados usos a características espaciais pré-estabelecidas, como exemplo um mercado varejista dificilmente estará localizado em uma região de aporte econômico superior, por esse serviço estar baseado em produtos básicos e preços acessíveis, enquanto supermercados menores terão como alvo produtos específicos e preços mais elevados.

Esses atributos estruturam um espaço urbano complexo e desigual, cujas morfologias expressam a realidade da cidade em que estão inseridas e as diretrizes capitalistas que permeiam nossa sociedade. A mudança acelerada dos tipos de uso e ocupação de cidades conferem problemáticas em esferas distintas, como ambiental, econômica, social e política, assim a necessidade dessa abordagem de classificação é verificada. O estudo da conjuntura territorial de usos e ocupações confere uma visão ampla da terra, que embasa análises de possíveis problemas futuros e vulnerabilidades, auxiliando a tomada de decisões, planejamento territorial e direcionamento de transportes e serviços públicos (ANDERSON et al., 1979; RIEGEL et al., 2019).

Uma vez contextualizado, é necessário definir o que são as formas de uso e ocupação urbanas: elas compreendem áreas com superfícies compostas por estruturas antrópicas, incluindo metrópoles, cidades, vilas, bairros, complexos industriais, entre outros. E ainda, é relevante definir outros tipos de uso e ocupação mencionados na literatura, como rurais, florestais e agrários, a fim de diferenciação. Os usos de tipo rural e agrário são definidos como superfícies majoritariamente destinadas às produções agrícolas e de pecuária, que apresentam objetos característicos como solo exposto, pastagens e áreas de cultivo. Usos florestais são delimitados por superfícies dominadas por 10% ou mais de árvores produtoras de madeira ou outro insumo, assim majoritariamente não antrópicas (ANDERSON et al., 1979).

Os sistemas de classificação de grandes instituições abordam o urbano de maneira indireta, isto é, não é um trabalho elaborado diretamente para a classificação das formas urbanas, mas sim em perspectiva regional e nacional. Um exemplo é o CLC, que aborda o urbano em unidades de mapeamento divididas em três níveis de classificação (Quadro 1), dos quais o de maior detalhamento é o terceiro, com escala equivalente a 1:100.000 (HEYMANN, 1994).

Quadro 1 - Unidades de Classificação Urbana do CLC

Nível I	Nível II	Nível III
1. Superfícies Artificiais	1.1 Fábrica Urbana	1.1.1 Fábrica Urbana Contínua
		1.1.2 Fábrica Urbana Descontínua
	1.2 Unidades Industriais, Comerciais e de Transporte	1.2.1 Unidades Comerciais ou Industriais
		1.2.2 Rodovias, Redes Ferroviárias e Terras Associadas
		1.2.3 Áreas de Porto
		1.2.4 Aeroportos
	1.3 Minas, Rejeito e Local de Construção	1.3.1 Locais de Extração Mineral
		1.3.2 Locais de Concentração de Rejeito
		1.3.3 Locais de Construção
	1.4 Áreas Artificiais e de Vegetação Não Agrícola	1.4.1 Áreas Urbanas Verdes
1.4.2 Instalações para Lazer e Esporte		

Fonte: Heymann (1994). Adaptado e traduzido por Thiago Azevedo.

Diaz-Pacheco e Gutierrez (2013) apontam que a abordagem do CLC para o espaço urbano é limitada, sobretudo pela escala de detalhamento na unidade de maior resolução ser equivalente a 1:100.000. Os autores apontam que a análise da expansão dos usos da terra urbana demanda escalas de 1:25.000 ou maiores, uma vez que esse nível de detalhamento colabora para a apreensão mais clara das formas.

A partir do estudo de caso, Madrid, eles pontuam que a aplicação da *geodatabase* do CLC não é apropriada para estudos urbanos locais, podendo haver confusão entre as classes e não sendo capaz de captar formas com menos de 100 m de comprimento.

Os esforços voltados para estudos da classificação do UOTU estão concentrados em movimentações de órgãos e unidades de pesquisa regionais, sendo um movimento geral, um exemplo disso é o trabalho desenvolvido por Riegel et al. (2019), no município sul riograndense de Novo Hamburgo. Os autores propuseram um sistema de classificação com dois níveis de detalhamento, em que o urbano é abordado em escala maior e classes mais específicas. Foram aplicados métodos de classificação automáticos e manuais em imagens orbitais de alta resolução, com os quais o estudo foi capaz de evidenciar características da malha urbana que auxiliaram uma abordagem de planejamento urbano mais sustentável. Para esse estudo, Riegel et al. (2019) propuseram 11 classes urbanas, no segundo nível de detalhamento, demonstradas no Quadro 2, abaixo.

Quadro 2 – Nível de Classificação do Espaço Urbano, de Riegel et al. (2019)

NÍVEL I	NÍVEL II
1. ÁREA URBANA	1.1 Área Urbana Consolidada
	1.2 Área Urbana em Consolidação
	1.3 Área Urbana a ser Consolidada
	1.4 Área Urbana com Vegetação
	1.5 Área Industrial
	1.6 Cemitério
	1.7 Aeroporto

	1.8 Área de Disposição de Resíduos
	1.9 Mina
	1.10 Universidade
	1.11 Santuário Religioso

Fonte: Riegel et al. (2019). Adaptado e traduzido por Thiago Azevedo.

Outro exemplo relevante é o trabalho feito por Emplasa (2006), que propôs um sistema de classificação, com um nível de detalhamento, da região metropolitana de São Paulo e parte dos municípios de Nazaré Paulista, Paraibuna e São Roque, por meio de interpretação visual de imagens do satélite americano Ikonos, com resolução espacial de 1 metro. Essa mobilização proveio da necessidade de delimitação clara dos UOTU da região, de maneira que os agentes estruturadores do espaço, sendo eles privados ou públicos, tenham um direcionamento claro na produção e reprodução do espaço urbano. Dos agentes incluídos, também estão presentes membros do Comitê de Bacias Hidrográficas, fazendo com que esse sistema de classificação também tenha enfoque nas bacias hidrográficas da região. O produto foi uma classificação em escala 1:25.000, com as seguintes classes da terra urbana: Área Urbanizada, Favela, Equipamento Urbano, Indústria, Loteamento Desocupado, Aterro Sanitário, Lixão, Solo Exposto, Rodovia e Outros Usos.

Farias (2009) adaptou um sistema de classificação de UOTU bem detalhado, que incorpora a complexidade do espaço urbano em três níveis de detalhamento, demonstrado no Anexo I, por meio do qual a autora realizou o mapeamento da cidade paulista de Paulínia. As classes utilizadas para o mapeamento foram Residencial, Comercial, Serviço, Industrial, Misto, Equipamento, Lote Desocupado, Vazio Urbano, Chácara, Cemitério, Estação Ferroviária, Área Verde, Corpo d'Água e Solo Exposto, incorporando bem a complexidade do espaço urbano.

As razões que justificam a ausência de mobilizações maiores frente à temática da classificação urbana podem ser agrupadas em dois tópicos: as tendências passadas e as dificuldades dessa análise no meio urbano. IBGE (2013) aponta que

os enfoques principais durante o século XX estavam centrados na (i) história colonial, (ii) a delimitação de padrões espaciais de processos produtivos, (iii) análises classificatórias das formas e dinâmicas de uso da terra e (iv) estudos ambientais. Assim, a posição secundária do urbano foi condicionada por ele não ser o foco principal em estudos do UOT.

Quanto às dificuldades dessa análise no meio urbano, Herold e Roberts (2010) apontam que o urbano conta com corpos heterogêneos, que ocupam pequenas porções espaciais e demandam resolução espacial alta para uma análise e interpretação clara. Chowdhury et al. (2018) afirmam que dados com baixas resoluções espaciais não são capazes de identificar detalhes menores, sendo uma problemática que começou a ser superada atualmente, com o avanço tecnológico e novos sensores, com resoluções espaciais maiores, favorecendo o aumento do número de trabalhos com essa abordagem.

3.4 Princípios e Análise de Dados de Sensoriamento Remoto

No decorrer das últimas décadas, o avanço tecnológico possibilitou o desenvolvimento de sensores cada vez mais potentes, fazendo com que os estudos do espaço geográfico possam abranger novos patamares com a utilização de vários instrumentos, como os sistemas de sensoriamento remoto. Novo (2008) define sensoriamento remoto como a utilização de sensores, equipamentos de processamento e instrumentos de transmissão de dados, acoplados a satélites, aeronaves, sistemas de aeronaves remotamente pilotadas (RPA's) ou outras plataformas, para estudos dos processos que ocorrem na superfície da Terra. Esses estudos baseiam-se na análise de dados provindos da radiação eletromagnética recebida pelos sensores e possibilitam a interpretação da Terra em diferentes escalas e temáticas.

Os desdobramentos do sensoriamento remoto podem ser agrupados em duas etapas históricas, a primeira tange as décadas até 1960, em que os estudos se baseavam majoritariamente na análise visual de imagens por fotografias aéreas, enquanto a segunda é marcada pelo desenvolvimento de sensores distintos e data

dos anos sessenta até a atualidade. Os grandes incentivos para essa nova etapa tiveram berço da necessidade de análises espaciais e da vigilância do território, nascidas com a iminência da segunda guerra mundial em 1939. Os avanços verificados nesse momento, sobretudo na área das fotografias aéreas, auxiliaram militares e puderam ser utilizados para fins civis nas décadas seguintes, em levantamentos dos recursos naturais do território, consolidando a importância dos instrumentos remotos para a ciência (NOVO, 2008).

A grande guerra colaborou para essa consolidação, enquanto os desenvolvimentos tecnológicos verificados na segunda metade do século XX trouxeram novos horizontes aos trabalhos baseados em sensoriamento remoto, ocorrendo a ascensão dos satélites como instrumento de aquisição de dados. Atualmente, os sistemas de sensoriamento remoto compreendem diversos instrumentos e processamentos, integrados das complexas plataformas aeroespaciais aos nossos computadores pessoais. Com essa acessibilidade, diversas aplicações foram desenvolvidas, envolvendo o espaço urbano e rural, assim como temáticas geológicas, cartográficas, oceanográficas, entre outras (NOVO, 2008).

A coleta de dados por meio de sensoriamento remoto é baseada em sistemas passivos e ativos, obtendo dados de natureza analógica e digital. Sistemas passivos seriam sensores ou gravadores de vídeo, e se baseiam no registro da radiação eletromagnética (REM) refletida por superfícies, não emitindo sua própria energia. Já sistemas ativos seriam sensores de micro-ondas, como *Light Detection and Ranging* (LIDAR) ou sonares e geram energia eletromagnética própria, adquirindo dados de maneira independente de outras fontes de energia. Quanto à origem dos dados, os analógicos se referem a fotografias aéreas e audiovisual, e os digitais seriam matrizes de valores de brilho, lineares ou bidimensionais (JENSEN, 2010).

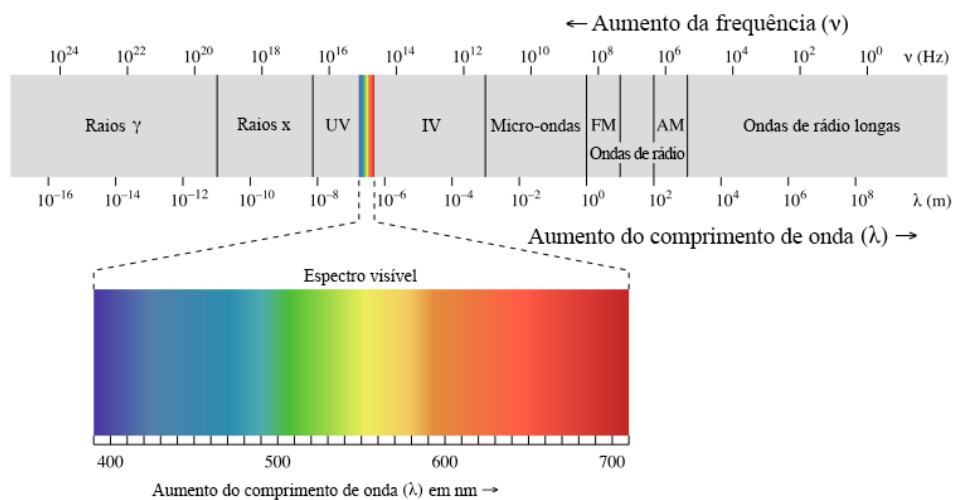
A aquisição desses dados se sustenta em princípios físicos da REM, que é definida a partir de sua dualidade de comportamento, isto é, ela é onda e energia, se propagando no espaço pela luz. Essa dualidade indissociável é importante para o sensoriamento remoto, em que a principal fonte de REM é o sol, com a qual os sistemas passivos podem obter seus dados (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Um fator importante nesse contexto são as interações da REM com terreno, atmosfera e sensor, configurando o caminho percorrido pela energia até ser captada e transformada em dado. O fluxo radiante, nome dado à taxa de REM, incide no terreno com comprimento de onda específico e, ao interagir com a composição da superfície, altera esse comprimento de acordo com a composição dos integrantes superficiais (JENSEN, 2010).

A REM apresenta regiões no espectro eletromagnético que foram agrupadas em classes, de acordo com o comprimento de onda, para otimizar sua detecção e aplicação. A interação superficial com a REM ocorrerá em determinadas bandas do espectro, de acordo com a composição dos objetos em superfície, dando uma resposta espectral específica ao sensor. Como exemplo, a região do Infravermelho Próximo (NIR) (1,2 – 3,0 μm) é conhecida como a porção espectral geológica, por ter uma resposta espectral clara dos componentes geológicos da cena (MENESES; ALMEIDA, 2012).

Na Figura 1 vemos expressos o espectro eletromagnético e as nomenclaturas de cada comprimento, sendo informações importantes aos trabalhos de sensoriamento remoto, pois os sensores são capazes de interagir com determinadas regiões do espectro, que são chamadas de bandas eletromagnéticas.

Figura 1 - Espectro Eletromagnético



Fonte: *thinglink.com*. Acesso em: 28 jun. 2021.

Essas bandas espectrais têm grande importância em trabalhos com sensoriamento remoto, uma vez que cada banda trará dados espaciais específicos, de acordo com o material de superfície da região imageada. Assim, uma imagem de sensoriamento remoto contém grande volume de dados, representadas em diferentes cores de acordo com a região espectral que o sensor é capaz de captar. Como exemplo, o sensor multiespectral OLI, do satélite espacial Landsat-8, é sensível à várias regiões do espectro, gerando dados nas bandas do RGB, Infravermelho Próximo, Infravermelho Médio e Pancromático.

Crosta (1992) pontua que realizar o processo de mescla de bandas, gerando uma composição colorida, pode ser uma ferramenta de grande potencial aos trabalhos baseados em sensoriamento remoto, otimizando as análises e possibilitando a melhor obtenção de resultados. O autor demonstra as composições de cor verdadeira e cor falsa, que consistem na junção das bandas RGB e de outras regiões do espectro, respectivamente, e salienta que a composição colorida gerada deve seguir os objetivos da análise do trabalho, visando o enaltecimento das informações desejadas por meio das cores resultantes.

As bandas utilizadas em composições coloridas variam de acordo com cada sensor, como o sensor WPM, do CBERs 04A, que tem a região do RGB nas bandas 1, 2 e 3, enquanto no sensor OLI, do Landsat 8, a mesma região é captada nas bandas 4, 3 e 2. As imagens de cada sensor têm características específicas, sendo necessária uma análise dos sensores para a composição, não apenas seguir definições genéricas de composição, pontua Crosta (1992).

Quanto à aplicação desse processamento nos estudos urbanos, a diversidade de composições no espaço urbano irá conferir uma grande gama de respostas espectrais, cuja abordagem em bandas pode ser complexa. Alguns trabalhos reportam composições para estudos urbanos, como Meneses e Almeida (2012), que pontuam como o uso combinado das bandas do visível (RGB) e NIR é eficaz na identificação de objetos na malha urbana. Outro exemplo, dessa vez aplicado à classificação do UOTU, é mencionado por Stefanov e Netzband (2010), que apontam a composição das bandas do verde, vermelho e infravermelho próximo (1, 2 e 3,

respectivamente), do sensor ASTER, para a melhor distinção das classes de uso e ocupação urbanas.

Para finalizar a porção de demonstração dos princípios, alguns conceitos básicos de resolução que compõem as imagens de sensoriamento precisam ser demonstrados, sendo eles a resolução espectral, espacial, temporal e radiométrica. Esses conceitos são importantes para trabalhos com sensoriamento remoto por definirem as propriedades dos dados coletados, isto é, as propriedades irão variar de acordo com os atributos do sensor, sendo importante fazer o levantamento equiparando as características dos dados com os objetivos do trabalho.

A resolução espectral consiste na porção do espectro eletromagnético que o equipamento consegue captar, de maneira que quanto maior o número de intervalos e em quais porções do espectro podem ser captados, maior será a resolução. Atualmente existem sensores multiespectrais e hiperespectrais, que são capazes de captar múltiplas e centenas de bandas do espectro, respectivamente, possibilitando uma grande gama de dados (JENSEN, 2010). Herold e Roberts (2010) demonstraram os efeitos da variação da resolução espectral em estudos de uso e ocupação urbano, comparando os sistemas Ikonos, Landsat TM e AVIRIS, com resoluções de 4, 6 e 14 bandas, respectivamente. Os autores concluíram que o sensor AVIRIS, de maior resolução espectral, foi capaz de identificar feições mais detalhadamente, verificando a importância da alta resolução espectral em estudos urbanos.

A resolução espacial está diretamente relacionando aos pixels que compõem a imagem, sendo a menor distância entre dois objetos da mesma cena, que pode ser captada pelo sensor. A informação de cada pixel na imagem é importante aos trabalhos de sensoriamento remoto, e quanto maior a resolução espacial, maiores serão as possibilidades de análises em escalas de alto detalhamento (JENSEN, 2010). A importância da resolução espacial em estudos de temática de UOTU é discutida por Helrold e Roberts (2010), em que a relevância de uma alta resolução espacial irá depender do nível de detalhamento e complexidade da malha urbana analisada. Os autores pontuam que áreas com maiores níveis de heterogeneidade demandam mais resolução, para identificação clara das feições, contudo áreas urbanas menos densas, não necessariamente precisam de alta resolução espacial,

pois dotam de maiores homogeneidades, como solos expostos. Mas, como pontuado por Menses e Almeida (2012), o estudo detalhado das formas urbanas inegavelmente demanda alta resolução espacial, equivalente a 2-5 m, possibilitando a clara identificação dos objetos para a classificação do UOTU.

Resolução temporal relaciona-se ao tempo de revisita do sensor a uma mesma área, isto é, em qual intervalo de semanas, dias ou horas o equipamento consegue imagear uma região em particular. Esse atributo é relevante a estudos que demandam um tempo de revisita mais intenso, como em análises e monitoramentos de áreas que sofrem alterações rápidas. Sensores acoplados a satélites usualmente têm uma resolução temporal menor, por estarem suscetíveis ao movimento da Terra, enquanto sensores manuais ou acoplados a aviões e RPA's apresentam uma resolução maior, pelo intervalo de revisita ser menor. Sensores comumente utilizados em estudos urbanos têm resolução temporal variante entre 3-24 dias, sendo uma janela de imageamento considerada suficiente para captar os processos urbanísticos (SLIUZAS et al., 2010; JENSEN, 2010).

A resolução radiométrica está ligada ao fluxo radiante de REM que chega ao sensor e a capacidade dele de distinguir as variações do nível de energia, assim quanto maior os níveis de energia captados, maior será a resolução. As variações de radiometria são importantes, colaborando para a interpretação clara das feições, sobretudo no complexo espaço urbano (JENSEN, 2010).

Para a aplicação dos dados de sensoriamento remoto, visando identificação de fenômenos e possível solução de problemas, as tendências de análise comumente utilizadas são de processamento analógico e processamento digital de imagens. Ambos buscam detectar alvos e características determinadas na cena, tendo a mesma finalidade, contudo a aplicação deles irá depender dos objetivos da análise.

O processamento analógico de imagem, também chamado de visual, baseia-se na interpretação humana da cena, identificando fenômenos e levantando informações a partir de elementos que compõem uma imagem de sensoriamento remoto. Esses elementos visuais são tons de cinza, cor, altura, profundidade, tamanho, forma, textura, padrão, sombra, local, associação e arranjo das formas

componentes da imagem. Essas informações são muito importantes ao considerarmos uma classificação manual dos tipos de uso e ocupação, isto é, quando as classes são definidas pelo intérprete e não automaticamente por *softwares* (JENSEN, 2010).

Já na análise baseada em processamento digital de imagens, muitos métodos são utilizados para chegar aos objetivos almejados, como valores de brilho e técnicas LIDAR ou de RADAR. Para essa análise, é necessário um pré-processamento da imagem, focado em correções radiométrica e geométrica, realce de imagens, e a congruência dos padrões a partir de análises supervisionadas, feitas pelo *software*, sistemas especialistas e redes neurais (JENSEN, 2010). Como exemplo, Huang et al. (2018) utilizaram redes neurais para a delimitação do UOT da cidade de Hong Kong, obtendo resultados promissores, sobretudo ao considerarmos a complexidade do arranjo urbano hong konguês.

Essas etapas de aquisição e análise dos dados e produção de informações qualificadas são concentradas no sistema de aquisição de informações de sensoriamento remoto, o qual é dividido em dois grandes subsistemas: subsistema de aquisição de dados de sensoriamento remoto e subsistema de produção de informações (NOVO, 2008). Ambos apresentam componentes específicos, que colaboram para o cumprimento de suas funções e auxiliam no cumprimento dos objetivos do trabalho, sendo uma esquematização importante.

Novo (2008) aponta que o subsistema de aquisição de dados é composto por fontes de radiação, das quais os dados são obtidos, plataformas de satélite ou aeronaves e sensores, que captam esses dados, e um centro de dados, por meio do qual os dados podem ser agrupados e adquiridos. Quanto ao subsistema de produção de informações, a autora pontua ser composto de um sistema de aquisição de informações de solo e calibragem de dados de sensoriamento remoto, sistema de processamento de imagens, com *softwares* especializados, e um sistema de geoprocessamento, como um Sistema de Informação Geográfica (SIG).

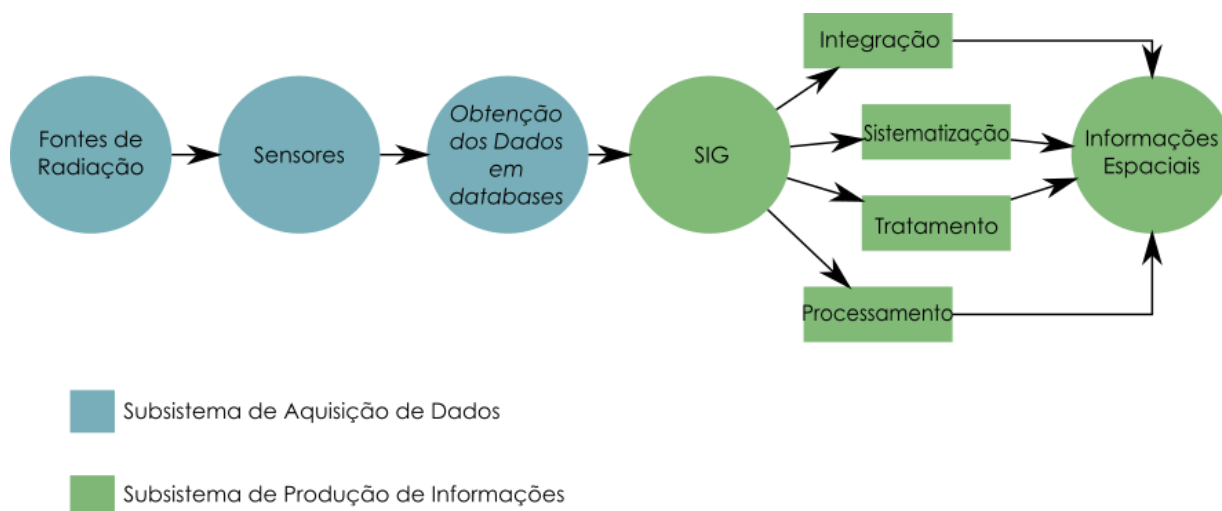
Quando trazemos as discussões dos sistemas de sensoriamento remoto para as abordagens da ciência geográfica, sobretudo no que diz respeito ao subsistema de

aquisição de informações, o SIG é apresentado como um poderoso artifício a ser utilizado pelo geógrafo, uma vez que a formação geográfica auxilia na identificação de fenômenos espaciais. As conceituações de um SIG são diversas, mas podem ser agrupadas em aspectos básicos: é um sistema de informações que agrupa dados geográficos, está baseado em um *software* de processamento e conta com uma base de dados georreferenciados, os quais são organizados dentro do ambiente virtual (MATIAS, 2001).

Contudo, essa definição mais técnica não é capaz de capturar a finalidade de um SIG para o geógrafo, a partir disso Matias (2003) aponta ser uma tecnologia que, sobretudo, permite a análise dos processos de produção e reprodução do espaço geográfico, dentro das diretrizes hegemônicas capitalistas. Quando trazemos essa conceituação para o espaço urbano, percebemos a capacidade do SIG aumentar o potencial do sistema de sensoriamento remoto, pela possibilidade de análise detalhada da complexidade urbana contemporânea.

O subsistema de aquisição de dados auxiliará na obtenção dos dados urbanos espaciais, a partir de diversos sensores, enquanto o subsistema de produção de informações, quando baseado em um SIG, permitirá a sistematização, integração, tratamento e processamento de informações espaciais precisas. Essa relação, demonstrada na Figura 2, auxiliará o geógrafo na delimitação dos processos, problemáticas e soluções que permeiam o espaço urbano, assim como seus usos e ocupações (IBGE, 2013).

Figura 2 – Relação Entre os Subsistemas de Sensoriamento Remoto



Elaborado por Thiago Azevedo.

Ao trazermos a discussão para o cenário brasileiro, a maior apropriação e desenvolvimento de sistemas de sensoriamento remoto está no Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), contando com sensores e bancos de dados de amplo acesso, que são muito utilizados. O principal programa do INPE é o *China-Brazil Earth Resources Satellite* (CBERS), provindo de uma colaboração sino-brasileira e foi desenvolvido na década de oitenta, pelo alto custo do acesso a dados de alta qualidade. Os frutos dessa parceria são evidenciados quando verificamos o avanço do programa, com mais de cinco satélites lançados nos últimos vinte anos, sendo o mais recente o CBERS 04A (NOVO, 2010).

O programa CBERS possibilitou a apropriação e autonomia às pesquisas brasileiras, por fornecer dados de alta qualidade, colocando o INPE como principal instituto de estudos do espaço da Amazônia brasileira e grande contribuidor internacional nos trabalhos de sensoriamento remoto (CÂMARA, 2011). A última contribuição do programa é o satélite CBERS 04A, lançado em 2019, conta com duas câmeras brasileiras e uma chinesa, sendo um movimento estratégico no panorama das pesquisas espaciais, por oferecer um grande aprimoramento tecnológico, comparado aos instrumentos anteriores. Das câmeras disponíveis, a Câmera Pancromática Multiespectral (WPM) chinesa apresenta resolução espacial de 2 m na pancromática e 8 m na multiespectral, sendo um sensor de alta resolução que está de

acordo com as demandas básicas reportadas na literatura, para estudos do espaço urbano, tendo grande potencial aos estudos de UOTU (INPE, 2019; JESUS et al., 2021).

O sensoriamento remoto, já consolidado como alicerce fundamental nos estudos de UOT, possibilita muitas abordagens para a aquisição de informações, identificação de processos espaciais e solução de problemas envolvendo a temática. O avanço do meio técnico-científico-informacional e consequente aprimoramento tecnológico intensificou ainda mais os trabalhos envolvendo dados remotos e UOT. Algumas abordagens reportadas na literatura seriam o método de detecção de mudanças digitais, com base em duas ou mais imagens da mesma localização (ROGAN; CHEN, 2004), o uso de dados LiDAR, a partir da assinatura espectral dos objetos (YAN et al., 2015), ou ainda a classificação por fotogrametria à base de RPA's (MA et al., 2017).

3.5 Sensoriamento Remoto Aplicado ao Uso e Ocupação Urbano

Sensoriamento Remoto Urbano (URS) é definido como a avaliação de dados de radiação e análises de propriedades morfológicas provenientes de cidades, e é uma abordagem de grande importância, sobretudo quando verificamos as diversas consequências ambientais e sociais de aglomerações urbanas. Atualmente, o URS é indispensável para os estudos acerca da produção e reprodução do espaço urbano, assim como dos tipos de uso e ocupação nele inseridos, avaliando e identificando estruturas e suas composições (NETZBAND; JÜRGENS, 2010).

As aplicações do URS englobam diversos tópicos, dinâmicas de expansão espacial e delimitação das áreas urbanas, distribuição dos tipos UOTU, localidades para implementação de infraestruturas e estudos do transporte urbano, sendo apenas alguns mencionados por Ribeiro e Kux (2009). As contribuições nos estudos do UOTU abrangem a identificação de potenciais perigos ao ser humano inserido na cidade, delimitação das alterações das formas urbanas ao longo do tempo, identificação da qualidade de vida de bairros ou zonas, entre outras (NETZBAND; JÜRGENS, 2014).

O espaço urbano de alta complexidade e rápida metamorfose em que vivemos, gera algumas dificuldades à utilização dos sistemas de sensoriamento remoto para estudos. A possibilidade do estudo urbano pelo URS está vinculado às características técnicas do sensor, principalmente capacidade de resolução espacial e espectral, e essa complexidade verificada na malha urbana cria demanda por altos aportes técnicos, para que a heterogeneidade das formas e respostas espectrais possa ser captada integralmente.

Fugate et al. (2010) pontuam que o estudo urbano demanda sensores capazes de imagear em várias regiões do espectro e que possam captar alto nível de detalhamento, o que é verificado em Rogan e Chen (2004), quando os autores pontuam o requisito de uma resolução espacial de ao menos 20 m. Os avanços verificados nos sensores remotos aumentaram as possibilidades de aplicações, em vista que atualmente há sensores capazes de captar em resoluções espaciais de até 2.5 m e mais, como pontuam Fugate et al. (2010).

Quando abordamos o URS na esfera da classificação de UOTU, notamos a tendência crescente dos estudos e aplicações na área, acompanhando o avanço técnico dos sensores. Jensen (2010) demonstra as especificações técnicas básicas para a utilização de um sensor na classificação do UOTU, em que a menor classe de detalhamento precisa de 20-100 m de resolução espacial e abranger a região do infravermelho próximo ou médio, enquanto o maior nível de detalhamento demanda resolução espacial de 0,25-1 m, com resolução espectral pancromática. O autor usou como base o sistema da USGS para esses apontamentos, e ainda pontua os requisitos de resolução espectral e espacial básicos para várias formas urbanas, correlacionando-as com a resolução temporal mínima para captar os fenômenos. Como exemplo, para obtenção de dados claros, que auxiliem em análises de propriedades imobiliárias, os requisitos mínimos do sensor seriam intervalo temporal de 1-5 anos, resolução espacial de 0,25-0,5 m, na região do espectro Estéreo Pancromática ou sensores LIDAR. Essa relação é demonstrada na Tabela 1.

Tabela 1 - Critérios de Resolução de Acordo com Níveis de Detalhamento

Atributos	Requisitos Mínimos de Resolução		
	Temporal	Espacial	Espectral
Nível I	5 – 10 anos	20 – 100 m	RGB, NIR, MIR e Radar
Nível II	5 – 10 anos	5 – 20 m	RGB, NIR, MIR e Radar
Nível III	3 – 5 anos	1 -5 m	Pan, RGB, NIR e MIR
Nível IV	1 – 3 anos	0,25 – 1 m	Pancromático (Pan)

Fonte: Jensen (2010). Adaptado e organizado por Thiago Azevedo.

A produção do espaço urbano e a heterogeneidade das formas conferem o desafio para a classificação, assim vários métodos de processamento para classificação de UOT foram desenvolvidos e reportados na literatura, contudo eles majoritariamente convergem à classificação digital. A utilização de métodos digitais, baseados totalmente em análises de imagem não-supervisionadas, não são suficientes para classificar a heterogeneidade dos usos urbanos, pela complexidade da geometria-espacial que vai além de um pixel, aponta Fagundes (2012). Atualmente, abordagens semi-supervisionadas, baseadas em técnicas como Análise Geográfica Orientada ao Objeto (GEOBIA), auxiliam nessa limitação ao tirarem o foco do pixel e focarem em objetos, contudo a análise visual ainda é a mais eficiente aos estudos urbanos, em escalas de alto detalhe.

Besussi et al. (2010) apontam que o URS auxilia na identificação de elementos espaciais como forma, tamanho e dimensão, a partir dos quais é possível começar a estipular a morfologia urbana e possíveis classes derivadas de sua homogeneidade. Esses elementos são definidos detalhadamente por Jensen (2014), cujos mais importantes para esse trabalho são cor, tamanho, forma, textura, padrão, sombra, sítio, situação e associação.

Cor surge quando é feito o processamento da imagem em níveis digitais e a atribuição de cores falsas ou verdadeiras a ela, sendo um processo muito comum em trabalhos de sensoriamento remoto. Tamanho abrange às dimensões reais de um objeto, ou seja, seu comprimento, largura, perímetro e área. Textura consiste aos tons de cinza ou cores que compõem o objeto na imagem, sendo repetições de tons concentrados nesse objeto, que criam características lisas (homogêneas e uniformes), rugosas (heterogêneo e abrupto) e intermediárias. Padrão está associado à disposição dos objetos em superfície na cena, assim sendo um elemento que considera a imagem como um todo ou fração dela. Forma refere-se as características geométricas de um objeto na cena, sendo elas linear, curvilínea, circular, elíptica, quadrada, entre outras. Sombra é determinado pelo horário em que o imageamento foi realizado, podendo auxiliar na determinação da altura de objetos, sendo importante para análises de grandes centros urbanos (JENSEN, 2010).

Os três restantes, sítio, situação e associação são muito importantes para análises visuais, por abrangerem características além das inerentes aos aspectos físicos do objeto, como socioeconômicas, e são elementos usados em conjunto. Sítio provém de características físicas, como objeto em solo exposto ou grama, e socioeconômicas, como valor de terra e número de moradores na habitação, um exemplo sendo áreas de construção, que se inserem em solo exposto, inicialmente. Situação é organização de determinados objetos na cena, como disposição de aparelhos em uma academia à céu aberto. Associação relaciona-se a feições ou atividades relacionadas a ela, como um condomínio habitacional, que apresenta edificações similares entre si, em uma área pré-determinada. Esses elementos são os mais complexos dos mencionados, demandando análises profundas e visitas de campo ou virtuais, por meio de tecnologias como o *Google StreetView* (JENSEN, 2010).

A classificação visual baseada nesses aspectos é realizada com base na detecção, reconhecimento, análise, dedução, classificação e avaliação da precisão, como descreve Novo (2008), que também pontua a necessidade do estabelecimento de chaves de interpretação, para tornar o processo menos subjetivo. A autora ainda pontua que chaves de interpretação consistem na descrição da cena, a partir dos

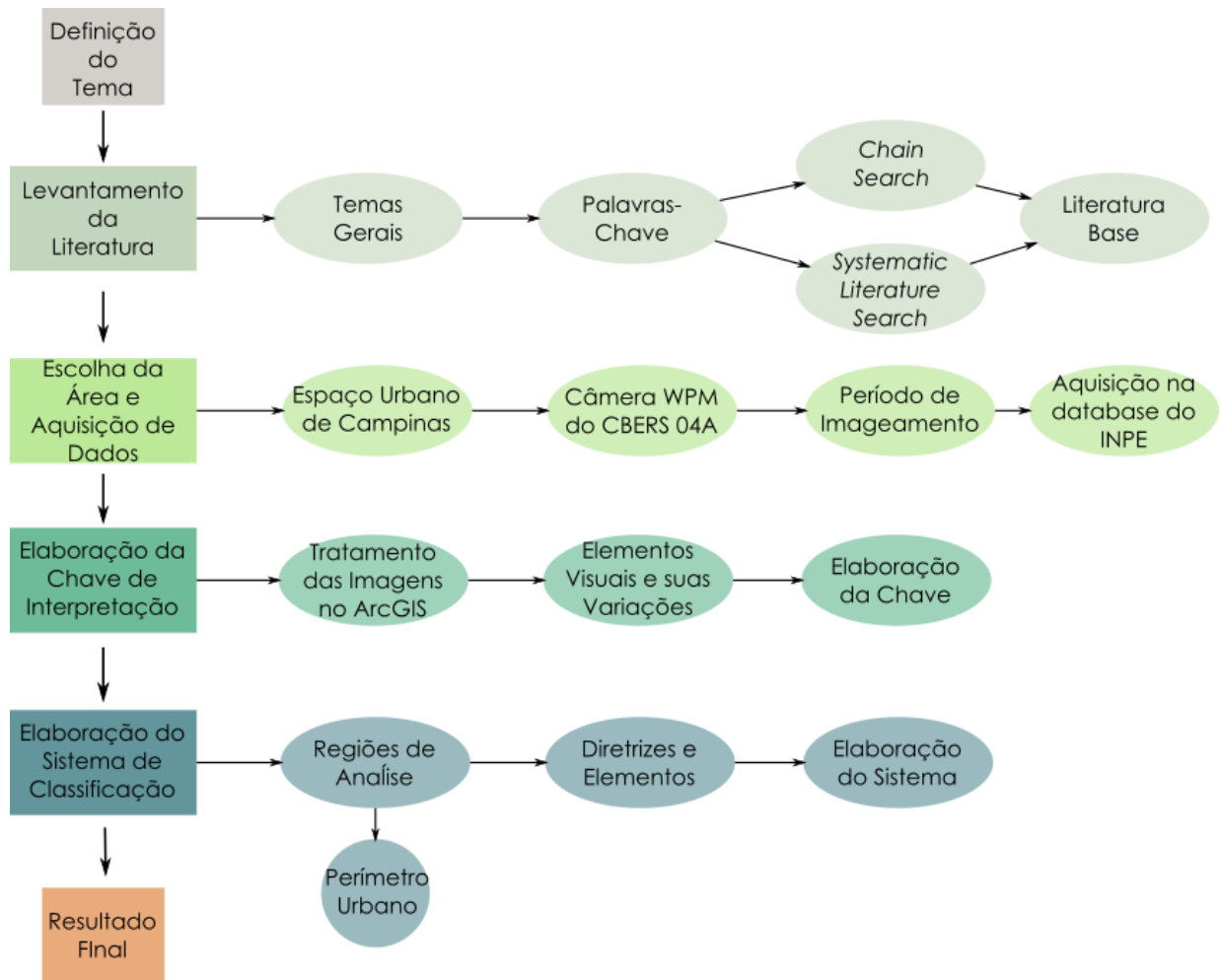
elementos visuais descritos por Jensen (2010) e ligação deles com determinadas classes de UOT.

Kelly et al. (1999) afirmam que o desenvolvimento de chaves de interpretação auxilia há décadas pesquisas baseadas em imagens aerofotográficas e de sensoriamento remoto, mas que as menções na literatura sobre o tópico são escassas. Os autores ainda apontam a necessidade de delimitar uma área mínima para a definição das chaves de interpretação, como 1 km² ou 400 x 400 pixels. Um exemplo para essa delimitação de área seria a definição de uso e ocupação residencial, a chave de interpretação deve se basear em uma área significativa e definir a classe de UOT a partir da homogeneidade dos elementos visuais da cena.

4. Procedimentos Metodológicos

A princípio foram consultadas obras básicas, que abordavam como fundamentar uma metodologia de pesquisa, e duas principais foram definidas, Eco (1996) e Jørgensen e Rienecker (2013), a partir delas os pontos iniciais da fundamentação da pesquisa foram estipulados. A lógica de pensamento geral está demonstrada na Figura 3, na qual está expressa a cadeia sequencial da metodologia a ser descrita.

Figura 3 - Sequência Lógica dos Procedimentos Metodológicos



Elaborado por Thiago Azevedo.

4.1 Levantamento da Bibliografia

O tema central da pesquisa foi dividido em três subgrupos gerais, visando abordar os tópicos principais para a realização do trabalho, sendo eles (i) Urbanização Brasileira, (ii) Classificação do Uso e Ocupação da Terra Urbana e (iii) Sensoriamento Remoto Aplicado ao Espaço Urbano. Uma vez determinados os subgrupos, foram definidas palavras-chave que auxiliassem a obtenção de literatura de cada tema, sendo definidas expressões em inglês e português comumente utilizadas na bibliografia geral. Exemplos de termos utilizados, para cada subgrupo, foram (i) *"Urbanização Brasileira"*, *"Industrialização e Urbanização no Brasil"*, *"Espaço Urbano"*,

“Produção do Espaço Urbano”, “Morfologia Urbana”; (ii) “Sistemas de Classificação de Uso e Ocupação”, “Classificação de Uso e Ocupação da Terra Urbana”, “Land use and land cover classification system”, “Urban land use and land cover” (iii) “Sensoriamento Remoto do meio urbano”, “Sensoriamento Remoto para Uso e Ocupação Urbana”, “Remote Sensing of the Urban Land”.

Então, foram adotados dois métodos para o levantamento bibliográfico, sendo a *Chain Search*, que consiste na seleção de literatura com base na bibliografia de obras já conhecida, e a *Systematic Literature Search*, que seria a busca em plataformas virtuais, com base em palavras-chave e métodos de pesquisa (JØRGENSEN; RIENECKER, 2013). Inicialmente, foi feita a *Systematic Literature Search* em fontes como Google Acadêmico, *ScienceDirect* e Scielo, base de dados como da Unicamp, Usp e INPE, e jornais específicos da área, *Remote Sensing of Environment*, *Remote Sensing Applications*, *ISPRS*, *Applied Geography*, entre outros. Nessa etapa, o material levantado compreendia artigos, livros, resumos de congressos, teses e dissertações, e ele deu base para a *Chain Search*, que colaborou para a expansão da bibliografia. A literatura levantada foi classificada em três níveis de prioridade, estabelecidas em reuniões individuais com o orientador e debates, visando que as obras principais tivessem maior relevância.

As reflexões acerca do avanço do processo de urbanização brasileiro e da contextualização histórica foram baseadas nas obras de Suzigan (1988), Corrêa (1989) e Santos (1993), colaborando para a fundamentação de como o processo de industrialização se instaurou no Brasil do século XX e impulsionou a urbanização brasileira. As considerações de Santos (1993) e Corrêa (1989) foram fundamentais para a compreensão do espaço urbano, sobre como a urbanização evoluiu durante o século passado, as características principais do urbano e a maneira com a qual o território foi reorganizado e inserido no meio técnico-científico. Para a apreensão mais contemporânea do processo de urbanização, foram recorridas obras de Santos, Souza e Silveira (1998) e Santos (2013), que discutem o meio geográfico técnico-científico-informacional e como a produção do espaço urbano ocorre nos períodos mais atuais, de consolidação da globalização e mundialização do espaço.

Para o entendimento das estruturas urbanas contemporâneas, foi necessária a análise de bibliografia acerca da morfologia urbana, das quais a principal para esse trabalho foi Lamas (2010). Os apontamentos feitos por esse autor complementaram a compreensão da produção do espaço urbano, colaborando para a análise de como a sociedade produz e reproduz as estruturas urbanas.

Acerca da classificação de uso e ocupação, as obras de Anderson et al. (1979), Heymann (1994) e IBGE (2013) foram essenciais para a compreensão do que é um Sistema de Classificação de Uso e Ocupação da Terra e quais são os critérios básicos que o fundamenta, uma vez que essa tríade é reconhecida e embasou inúmeros trabalhos da área. O enfoque para o UOTU precisou de uma literatura específica, que abordasse diretamente as classes de uso urbano e como elas são produzidas no espaço contemporâneo. A produção do UOTU foi fundamentada nas obras de Villaça (1978) e Singer (1980), sobretudo, auxiliando a visão crítica do urbano desigual, enquanto a análise para a classificação baseou-se em Rashed e Jürgens (2014), Emplasa (2006) e em Riegel et al. (2019).

A partir dessa análise, foi constatada a necessidade de literatura acerca de sensoriamento remoto, com enfoque nos princípios básicos e suas aplicações no espaço urbano. Obras já conhecidas embasaram essa etapa, sendo elas Novo (2008), Jensen (2010) e Meneses e Almeida (2012), a partir das quais foi possível alinhar os conceitos básicos de SR com as demandas de estudos de UOTU.

4.2 Escolha da Área de Estudos e Aquisição dos Dados

Massey (2004) discute o espaço geográfico como sendo a dimensão das interrelações e multiplicidades, em que distintas histórias e trajetórias coexistem e colaboram para a produção de um espaço complexo e em constante mutação. A reafirmação dessa multiplicidade é também uma oportunidade de reconhecimento dos discursos e cotidianos que vão além daqueles hegemônicos, havendo a possibilidade do desenvolvimento de políticas e movimentos mais inclusivos, que visem o enaltecimento das distintas histórias que permeiam o espaço.

Essa pluralidade também se expressa nas formas de uso e ocupação e sua morfologia urbana, de maneira que quanto maior a complexidade do espaço, maior será a diversidade inserida nele. Santos (1993) pontua que a complexidade de uma cidade é definida pelo contingente populacional inserido nela, uma relação proporcional em que a maior densidade populacional está alinhada com a maior complexidade do arranjo urbano. Assim, a fim de explorar as potencialidades de um sistema de classificação, um espaço urbano complexo e com grande concentração populacional seria uma escolha ideal, pois nele a diversidade das formas é expressa claramente.

Com isso em mente, a cidade paulista de Campinas seria uma localidade ideal para a aplicação do sistema desenvolvido por esse trabalho, por fatores como a diversidade de seu arranjo urbano, apresentar ampla literatura de referência e pela minha familiaridade com seu espaço urbano. Nela, a pluralidade de formas urbanas é alta, havendo a coexistência de centros universitários, bairros que tangem todas as camadas sociais, parques industriais, vasta rede de comércio e serviços, malha de transportes bem desenvolvida, entre outras, o que possibilita a validação dos vários tipos de UOTU aqui abordados.

Para a aquisição dos dados referentes ao município, foi escolhido o satélite CBERS 04A, lançado pelo INPE em 2019, sendo utilizada a Câmera Multiespectral e Pancromática de Ampla Varredura (WPM). O satélite foi escolhido por ser um novo potencial aos estudos urbanos, sua câmera WPM tem resolução espacial equivalente a 2 m na região pancromática e 8 m na região do RGB e NIR, atingindo os critérios básicos reportados na literatura (JENSEN, 2010; ROGAN; CHEN, 2004; RASHED; JÜRGENS, 2014), para estudos urbanos com sensores remotos.

Os dados orbitais foram adquiridos na *database* do INPE, na qual foi feita uma busca por imagens da câmera WPM datadas dos períodos de outono e inverno de 2020, precisamente entre maio e agosto, a fim de abranger o período do ano com menor umidade, e assim com menos nuvens. A partir disso, foi adquirida uma imagem do dia 29/08/2020, imageada às 13:30:36 horas, com as bandas 0 (pancromática), 1 (Azul), 2 (Verde) e 3 (Vermelho).

4.3 Elaboração da Chave de Interpretação e Sistema de Classificação

Antes da elaboração, foi necessário o tratamento das imagens na etapa de pré-processamento, as reflexões de Crosta (1992) e Meneses e Almeida (2012) acerca das atribuições de cores à imagem pancromática e outras composições auxiliaram os procedimentos, que por sua vez foram feitos no *software* ArcGIS 10.8, da *Environmental Systems Research Institute* (ESRI). Para a interpretação visual, foi gerada uma composição colorida de cor real (com as bandas da 3, 2 e 1 da região RGB), cor falsa (RGB + NIR) e em seguida foi realizada a fusão das imagens coloridas com a região pancromática, pelo processo de *pansharpening*, para aprimorar a resolução espacial.

As composições coloridas irão auxiliar na análise de cores, sombra e diferenciação entre as formas, enquanto a imagem pancromática embasará a interpretação dos demais elementos visuais, como tamanho, textura, padrão e forma, enquanto a análise combinada das três imagens auxiliará na interpretação do sítio, situação e associação. As variações desses elementos visuais são demonstradas no Quadro 3.

A interpretação da imagem final partiu do pressuposto que as características de determinados tipos de uso e ocupação seguem tendências que podem ser verificadas nos elementos visuais, pressuposto pontuado por Araújo (2015). Essa interpretação visual tem como alicerce o desenvolvimento de chaves de interpretação, por meio das quais o processo de classificação é menos subjetivo e mais preciso. Esses padrões característicos podem se repetir, mas seriam eles suficientes para que o intérprete classifique o espaço urbano, ou ainda, esses elementos são verificados em todas as formas de determinado tipo de classe?

Quadro 3 - Elementos Visuais, suas Variações e Imagens para Interpretação

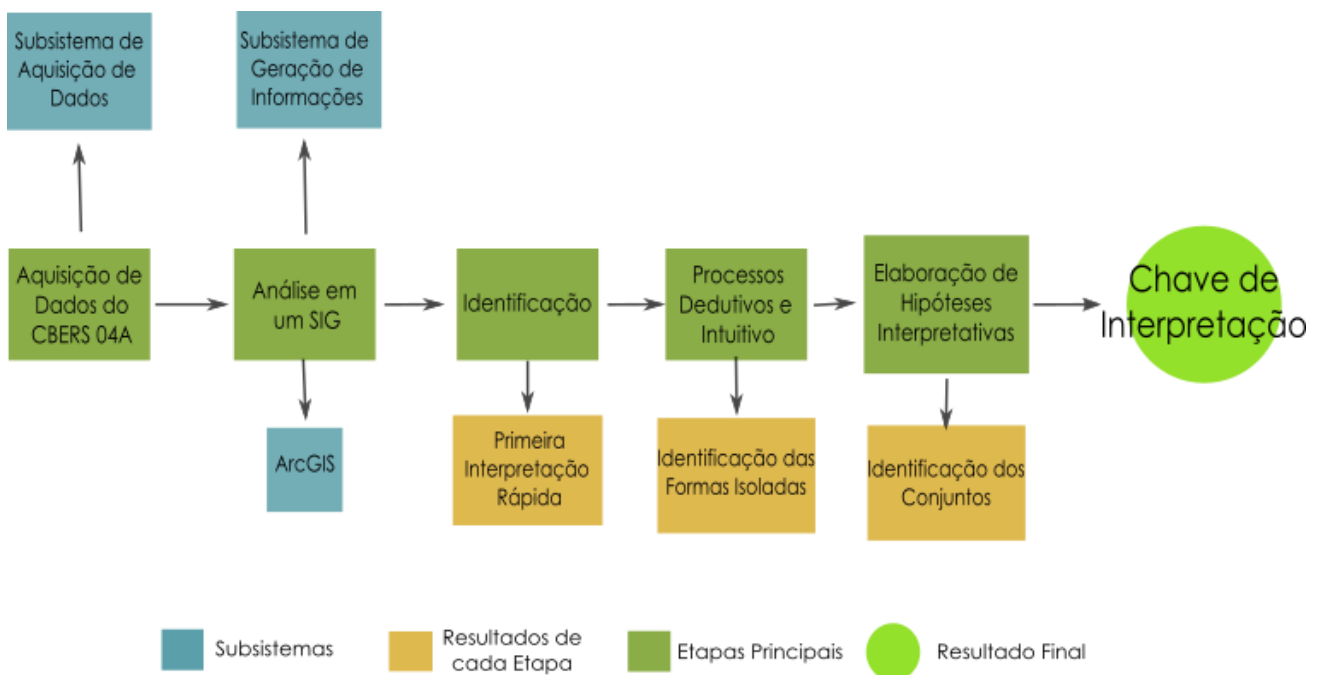
Elemento	Imagem	Variações
Cor	RGB e RGB + NIR	Definição das cores segundo àquelas em maior quantidade nos objetos, variando de acordo com as composições RGB e RGB + NIR.
Tamanho	Pancromática	Muito Pequeno, Pequeno, Médio e Grande (dos objetos)
Textura	Pancromática	Lisa, Rugosa, Intermediária (Entre Rugosa e Lisa) e Mista (Conta com Rugosa e Lisa)
Padrão	Pancromática	Aleatório e Sistemático (Distribuição dos objetos).
Forma	Pancromática	Pontilhada, Linear, Quadrado, Retangular, Triangular, Circular e Amorfo.
Sombra	Pancromática	Com ou sem sombra.
Sítio, Situação e Associação	RGB, RGB + NIR e Pancromática	Descrição e relação de suas características físicas com a cena e o entorno do objeto. Como exemplo, uma área de mineração, está relacionada à terra extensa de solo exposto, cercado por vias de acesso, pequenas estruturas administrativas e maquinário específico (como tratores e grandes máquinas de extração).

Fonte: Jensen (2010). Elaborado por Thiago Azevedo.

A elaboração de uma chave de interpretação e aplicação dela em dados de sensoriamento remoto de alta resolução é uma maneira eficaz de se chegar a essas respostas, assim as reflexões de Novo (2008), Jensen (2010), Araújo (2015), foram importantes para essa etapa, dando base para a sequência lógica demonstrada na Figura 4. O desenvolvimento da chave de interpretação foi feito com base nas três etapas de Araújo (2015), sendo elas (i) identificação, baseada em uma interpretação

simples da imagem, (ii) processos mentais, dedutivos e intuitivos, em que Novo (2010) pontua a necessidade de informações adicionais, e (iii) elaboração de hipóteses interpretativas, isto é, são relacionadas as formas aos seus significados. As reflexões de Jensen (2010) auxiliam na avaliação das interpretações, por meio das Informações colaterais, que seriam dados secundários, como informações de altimetria, censo e fotografias, embasando as conclusões. Esses procedimentos foram feitos considerando as duas imagens coloridas geradas e a pancromática, visando o levantamento de informações complementares.

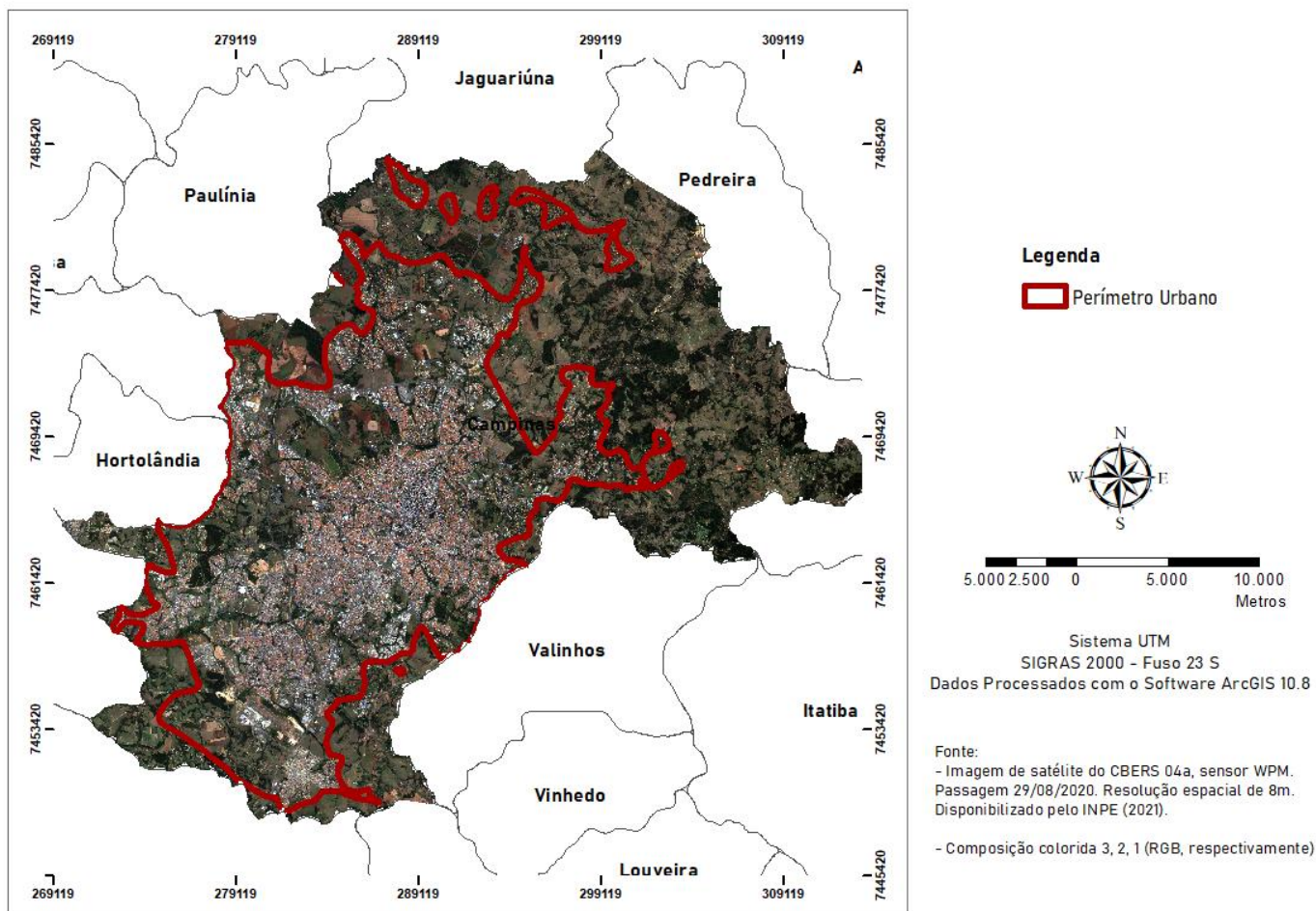
Figura 4 – Sequência Lógica para a Chave de Interpretação



Elaborado por Thiago Azevedo.

Considerando o espaço intraurbano de Campinas para aplicação da chave de interpretação, foram selecionadas as porções urbanas da cidade conforme o Zoneamento proposto pela Prefeitura Municipal de Campinas (2018), delimitando as regiões de acordo com o perímetro urbano demonstrado na Figura 5.

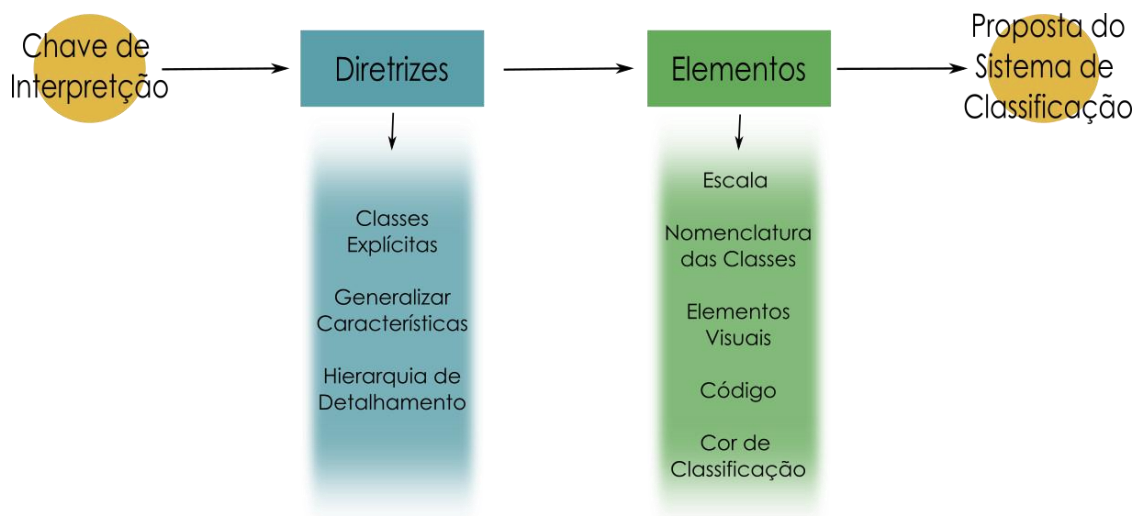
Figura 5 – Perímetro Urbano de Campinas



Execução: Thiago Azevedo.

A definição da escala de análise foi feita a partir dos potenciais do sensor escolhido, sendo definida escala de 1:10.000. Com isso, o sistema de classificação de UOTU foi elaborado, tendo como base as principais diretrizes de Anderson et al. (1979) e elementos de IBGE (2013), processo demonstrado na Figura 6. A nomenclatura foi adaptada do sistema proposto por Emplasa (2006) e Anderson et al. (1979), presente em Jensen (2010), sendo elaborado um sistema de classificação de UOTU com dois níveis de detalhamento.

Figura 6 – Diretrizes e Elementos para a Elaboração do Sistema



Elaborado por Thiago Azevedo.

O sistema de classificação aqui desenvolvido tem como base principal os elementos visuais que compõem as superfícies urbanas, a análise deles será feita de maneira segmentada, com enfoque em cada unidade, e serão analisados objetos distintos de uma mesma classe. Como exemplo, a discussão acerca dos tipos residenciais será feita com base em distintas formas residenciais, em diferentes localidades da região de estudo, a fim de traçar as homogeneidades dos elementos visuais.

As classes e nomenclaturas são representados no Quadro 4 e suas respectivas definições no Quadro 5, dentre as quais é necessário salientar as razões pela nomenclatura adotada nas classes de “2. Espaço Livre Urbano”, sendo um nome que proveio das reflexões de Bargas e Matias (2011). Os autores salientam que o uso do termo espaço livre engloba a cobertura verde e corpos d’água inseridos no perímetro urbano de cidades, sendo áreas que cumprem um papel ecológico, de preservação ou ainda indicativo ambiental. Ainda é pontuado que há grandes divergências na literatura sobre a nomenclatura desses espaços, havendo autores que os denominam como áreas verdes ou títulos correlatos. Assim, para o caso deste trabalho, foi adotado o nome “Espaço Livre Urbano” por ele englobar essas porções verdes e d’água, mas também excluir usos e ocupações referentes a Equipamentos Urbanos, sendo parques e praças.

Quadro 4 – Níveis e Classes do Sistema de Uso e Ocupação Proposto

Nível I	Nível II
1. Área Urbana	1.1 Área Agrícola Urbana
	1.2 Comercial e Serviços em Lote Médio
	1.3 Comercial e Serviços em Lote Grande
	1.4 Industrial
	1.5 Mineração
	1.6 Residencial Plurifamiliar em Lote Privado
	1.7 Residencial Plurifamiliar em Condomínio Fechado
	1.8 Residencial Plurifamiliar Informal
	1.9 Residencial Unifamiliar em Lote Privado
	1.10 Residencial Unifamiliar em Condomínio Fechado
	1.11 Malha Viária
	1.12 Aeroporto
	1.13 Cemitério

	1.14 Equipamento Urbano
	1.15 Lote Desocupado
	1.16 Cobertura Vegetal
	1.17 Corpos Hídricos

Elaborado por Thiago Azevedo.

Quadro 5 – Definições das Classes Propostas

1.	Superfícies urbanas, que contém majoritariamente edificações, estruturas, intervenções ou usos antrópicos no espaço.
1.1	Áreas destinadas ao cultivo de vegetais, frutas, grãos e outros insumos, que está inserida em ambiente majoritariamente urbano.
1.2	Estruturas que correspondem à venda de produtos e oferta de serviços em lotes médios, como mercados, hotéis, setores financeiro, administrativo e de construção, escolas, de médio porte, farmácias e formas correlatas.
1.3	Estruturas que correspondem à venda de produtos e oferta de serviços em lotes grandes, formando grandes centros, como <i>shopping centers</i> , universidades, hospitais, hipermercados e formas correlatas.
1.4	Áreas com concentração de atividades industriais, sendo elas de processamento (mecânico, químico e térmico) e fabricação (montagem de automóveis, navios, maquinário pesado, manufatura e eletrônicos).
1.5	Área com predomínio de atividades industriais de origem extrativas, como mineração a céu aberto, subterrânea e de poços.
1.6	Unidades residenciais em que habitam mais de uma família, assim sendo prédios residenciais distribuídos em lotes privados.

1.7 Unidades residenciais em que habitam mais de uma família, assim sendo prédios residenciais distribuídos em condomínios fechados.

1.8 Unidades residenciais informais em que habitam mais de uma família, englobando lotes informais, favelas e ocupações.

1.9 Unidades residenciais em lotes privados individuais, em que habita apenas uma família, sendo casas de pequeno, médio e grande porte, distribuídas em quarteirões ou áreas com acesso viário.

1.10 Unidades residenciais em condomínios fechados, em que habita apenas uma família por estrutura residencial, sendo casas de pequeno, médio e grande porte.

1.11 Malha de transporte, como rodovias, ferrovias, avenidas e ruas.

1.12 Área destinada à inserção de aeroportos e estruturas correlatas, como pista de pouso, garagem de aviões, estacionamento de veículos para acesso aos serviços do aeroporto.

1.13 Área destinada a cemitérios e estruturas correlatas, como túmulos e estruturas administrativas do cemitério.

1.14 Áreas destinadas à inserção da população ao espaço urbano e áreas verdes com estruturas de recreação, como parques, praças e jardins.

1.15 Lotes sem construção antrópica, privado ou público, com predomínio de solo exposto ou vegetação baixa.

1.16 Áreas com presença de vegetação em zonas predominantemente urbanas, como áreas de preservação, brejos e grandes concentrações arbustivas.

1.17 Corpos d'água como lagos, rios, oceanos e geleiras.

5. A Terra Urbana e os Sensores Remotos

A complexidade urbana verificada atualmente e os distintos tipos de uso e ocupação que permeiam o espaço urbano são exemplos de diversas problemáticas e conflitos, sendo expressão da desigualdade social e da necessidade de interferências públicas. Sensores remotos, com enfoque àqueles em plataformas espaciais, têm grande potencial de embasar o levantamento de dados, visando os estudos de problemas do espaço urbano.

Esse estudo da terra urbana por meio dos sensores remotos de alta resolução espacial e espectral, sobretudo, é um artifício ao pesquisador das ciências geográficas e das demais, possibilitando a análise conjunta e identificação precisa dos UOTU. Esse potencial é ainda maior quando os elementos do sensoriamento remoto são incorporados em um sistema de classificação, aumentando a possibilidade de identificação e discussão.

Neste quinto capítulo, será apresentado e discutido o sistema de classificação proposto por este trabalho de conclusão de curso, a partir do qual serão feitas discussões relacionando-o com os principais sistemas de classificação mencionados. Também será apresentada a chave de interpretação desenvolvida e serão feitas discussões detalhadas sobre as classes propostas, demonstrando exemplos nas imagens de cor verdadeira, falsa e pancromáticas, de acordo com a necessidade de aplicação de cada uma.

5.1 O Sistema De Classificação

O Anexo II ilustra o sistema de classificação proposto por esse trabalho, feito em escala de análise 1:10.000 e considera a multiplicidade dos elementos visuais de sensoriamento remoto, em cada classe desenvolvida. Ao retomarmos alguns sistemas já mencionados aqui, notamos que essa proposta apresenta pontos equivalentes e outros que vão além. Para essa discussão, serão considerados os sistemas da CLC, proposto em Heymann (1994), e da USGS, proposto a partir dos apontamentos de Anderson et al. (1979), visando a comparação com sistemas desenvolvidos para

abranger uma escala nacional e continental. Para sistemas de classificação desenvolvidos para estudos da malha urbana de cidades específicas, serão considerados os trabalhos de Emplasa (2006), Farias (2009) e Riegel et al. (2019). Por fim, será realizada uma avaliação do sistema proposto com as principais diretrizes e elementos que compõem um sistema de classificação de UOT, enfatizadas na Figura 6.

O sistema proposto por Heymann (1994), no CLC, define a malha urbana como superfícies artificiais, o que embasaria uma discussão sobre o que confere uma superfície como artificial e natural, que não será feita nesse momento e razão pela qual não foram adotadas terminações de origem “artificial” na nomenclatura. Em relação às classes derivadas desse nível de detalhamento, o autor fragmentou atividades industriais em “Fábrica Urbana”, “Unidades Industriais, Comerciais e de Transporte” e “Minas”, sendo uma categorização que não acompanha a proposta no Anexo II.

Essa classificação pode potencializar o planejamento visando atividades industriais, contudo condensa grande quantidade de informações importantes para o desenvolvimento territorial, como dados referentes a comércio e serviços, propriamente ditos. Uma metodologia mais eficaz seria sua ramificação das classes, dividindo-a em outros níveis de maior detalhamento. Essa abordagem foi feita com maestria no sistema proposto pela USGS, NASA e Anderson et al. (1979), que também propuseram ramificações com mais três níveis de detalhamento, somando cinco níveis ao todo. Esse alto detalhamento, contudo, traz consigo novos desafios, que as imagens de sensoriamento remoto e o processamento digital de imagens não são capazes de ultrapassar: a classificação de uma grande gama de detalhes distintos. Quanto maior o nível de detalhamento, menores serão seus alvos e maior será o número de características visuais a serem elencadas, visando a diferenciação dos objetos. Assim, o sistema de classificação aqui proposto teve base em dois níveis de detalhamento, buscando o levantamento do maior número possível de classes no segundo nível.

Ao considerarmos os trabalhos voltados para a classificação do UOTU propriamente dito, Riegel et al. (2019) propuseram classes denominadas “Área

Urbana Consolidada”, “Área Urbana em Consolidação” e “Área Urbana a ser Consolidada”, referindo-se ao tipo de UOT residencial, majoritariamente, não evidenciando claramente quais são os tipos de residência inseridos em cada classe ou ainda se há serviços oferecidos nessas áreas. Ao estabelecer tais classes, ocorre a problemática do sistema de classificação não evidenciar a complexidade residencial do UOTU, fundamentando uma visão condensada que pode ser problemática ao planejamento urbano local e regional. Esse enfoque generalista, em partes, provém dos objetivos dos autores no trabalho, cujo foco principal não é o perímetro urbano, mas sim os limites municipais como um todo, contudo o perímetro urbano corresponde a parte relevante do que está sendo trabalhado, cabendo um detalhamento maior.

O sistema proposto por Emplasa (2006), para o mapeamento da região metropolitana de São Paulo, também condensou algumas classes importantes, como “área urbanizada”. A partir disso, informações indispensáveis ao planejamento, como delimitação clara de áreas residenciais e de serviço, não são levantadas. Assim como em Riegel et al. (2019), Emplasa (2006) também não deu enfoque total à malha urbana, por seus objetivos estarem atrelados às áreas de preservação ambiental, contudo o maior detalhamento do espaço urbano da região metropolitana de São Paulo também traria informações importantes ao planejamento ambiental, uma vez que cidades são espaços de grande influência nos sistemas naturais da Terra.

Fagundes (2012) traz o trabalho de Farias (2009), o qual incorporou bem a complexidade dos tipos de UOTU em seu sistema, utilizando classes de detalhamento do Nível II (Anexo I) para elaboração do mapeamento da cidade de Paulínia. A Classe Industrial, um dos enfoques do trabalho, é bem retratada, assim como a delimitação das classes de serviço e comercial, que são um dos maiores desafios na identificação de UOTU, contudo áreas residenciais foram condensadas quando o mapeamento foi realizado. A elaboração de um sistema com elementos visuais poderia colaborar para o mapeamento residencial com maior detalhe e precisão, uma vez que os elementos vinculados às zonas residenciais são destoantes entre si e, assim, passíveis de serem identificados por interpretação visual.

Considerando o elaborado por Emplasa (2006) e Riegel et al. (2019), notamos um ponto de convergência: a condensação de classes importantes. Por mais que uma

das principais diretrizes na elaboração do sistema seja a generalização de informações, ela pode ser feita considerando escalas de maior detalhamento, o que possibilita a identificação de mais classes inseridas em uma “área urbanizada”, como exemplo. Para evitar essa problemática e demonstrar as potencialidades de uma generalização em escala de maior detalhamento, o sistema aqui proposto se baseou na elaboração de cinco classes destinadas à área residencial e duas para uso e ocupação comercial e serviço, determinando uma visão mais detalhada e menos condensada. O número de classes residenciais e de comércio e serviços aqui propostos também dialoga com os apontamentos feitos acerca do trabalho de Farias (2009), evidenciado o potencial do uso de elementos visuais.

O enaltecimento de outras classes que agrupam espaços urbanos também é importante para os estudos de UOTU, pois elas influenciam diretamente aspectos urbanos como valor da terra, qualidade de vida, potenciais para expansão da malha urbana e, sobretudo, necessidade de preservação. Um exemplo sendo a questão ambiental, de suma importância em discussões do espaço urbano, o equilíbrio de ambos está interligado e cidades interferem diretamente no sistema ambiental, então trazer classes da cobertura vegetal e hídrica para o sistema aqui proposto é essencial, mesmo que o foco esteja em superfícies compostas majoritariamente de edificações. Como a abordagem das classes desse tipo de UOT é feita intensamente por literatura especializada, aqui o foco esteve no levantamento de superfícies compostas por edificações, majoritariamente, e as outras classes foram agrupadas de acordo com as superfícies mais expressivas, elas sendo cobertura vegetal e corpos hídricos.

Por fim, as classes aqui propostas visaram aplicação do sistema em trabalhos com objetivos diversos, buscando uma aplicação ampla em trabalhos urbanos distintos, uma das principais diretrizes na elaboração de um sistema de classificação de UOT. Em relação às demais diretrizes pontuadas, foram adotadas classes explícitas, com generalização que não comprometa o levantamento de informações importantes, e foi utilizada a hierarquia de detalhamento. Para ultrapassar a barreira do processamento digital de imagens de sensoriamento remoto, a análise visual adotada foi um instrumento importante, possibilitando a identificação e agrupamento de variados detalhes da morfologia urbana.

5.2 A Chave de Interpretação

O estudo das formas de UOT inseridas no espaço urbano contemporâneo demanda especificações, sobretudo quando baseado em análises visuais de imagens de satélite, barrando a possibilidade de subjetividade na interpretação. Como Jensen (2010) pontua, cada intérprete traz consigo sua bagagem de experiências e isso é refletido na maneira como ele irá interpretar uma imagem, então até mesmo os profissionais mais experientes precisam de uma base de referência fixa, que os oriente em meio à complexidade da cobertura urbana e do espaço mundializado. Assim, a chave de interpretação é a primeira etapa para sustentar a proposta almejada por este trabalho, embasando a análise do intérprete mais experiente àquele ainda em formação.

Seguindo a sequência lógica de Araújo (2015), a etapa de identificação traz consigo o primeiro desafio à interpretação de imagens de satélite: começar a interpretar o espaço imageado. Ao selecionarmos um espaço urbano e o encararmos em subsistema de produção de informações, nos deparamos com formas urbanas únicas, mas que no escopo geral apresentam algum nível de homogeneidade. O processo de urbanização estruturou o espaço contemporâneo seguindo diretrizes hegemônicas e isso é expresso na morfologia urbana, ou seja, por mais que elas tenham sua própria identidade, seguiram tendências e apresentam coesão entre si no espaço. Um exemplo disso é demonstrado na Figura 7, em que é possível ser notada a coexistência de dois diferentes tipos de habitações unifamiliares, uma em condomínio fechado (A) e outra em lote privado (B).

Figura 7 – Imagem de Condomínio e Lotes Residenciais



Fonte: Imagem RGB do CBERs 04A, imageada em 29/08/2020, às 13:30:36 horas, no distrito de Barão Geraldo (Campinas, SP).

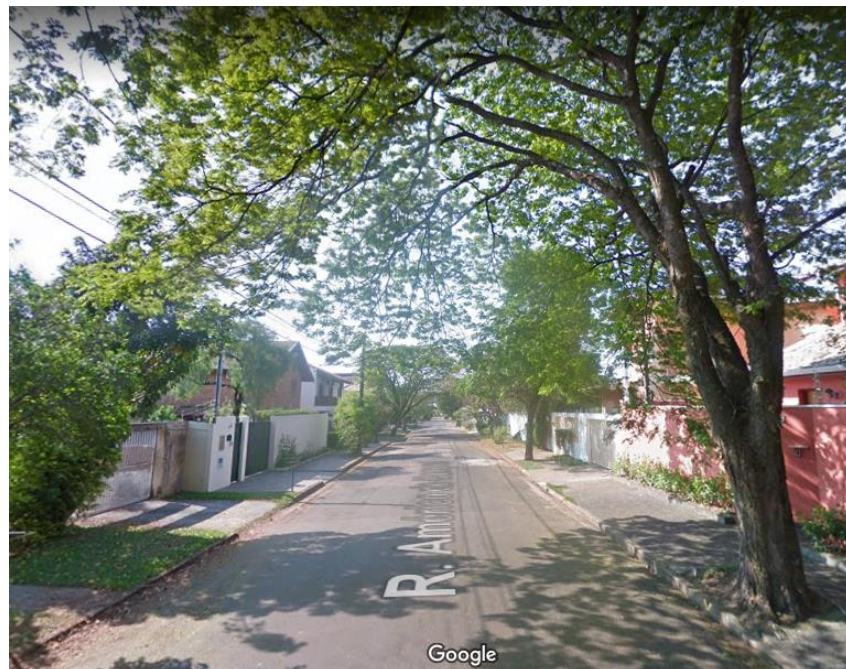
A etapa de identificação sucede-se dessa maneira e da sequência aos processos mentais, dedutivos e intuitivos, a segunda etapa desse processo. Foi possível a identificação das formas na Figura 7 como habitações pela dedução da homogeneidade de conjunto das formas presentes na cena, como presença de telhados alaranjados, lotes de tamanhos equivalentes, disposição em quadras, entre outros. A partir disso pode ser deduzido que tais formas remetem às habitações e, para o intérprete com experiência na ciência geográfica, é possível inferir serem habitações de classe econômica média e unifamiliares, pela ordenação das quadras, alto índice de vegetação na área, tamanho dos lotes e conhecimento da urbanização campineira. As informações levantadas na segunda etapa podem ser verificadas por meio de trabalhos de campo ou outros instrumentos remotos, como o *Google Street View*, embasando a dedução do intérprete. Abaixo são demonstradas as imagens obtidas no *Google Street View*, que embasaram a interpretação e conclusão das habitações em A e B.

Figura 8 – Habitações em Condomínio Fechado (A)



Fonte: *Google Street View*, gerada em setembro de 2018, do condomínio residencial Estância Eudóxia, localizado em Barão Geraldo, Campinas/SP. Acesso em junho de 2021.

Figura 9 - Habitações em Lote Privado (B)



Fonte: *Google Street View*, gerada em setembro de 2018, de um bairro residencial localizado em Barão Geraldo, Campinas/SP. Acesso em junho de 2021.

Com a dedução das formas como habitações unifamiliares, é necessária a interpretação do espaço representado na imagem e análise da morfologia em conjunto, a fim de determinar diferenças entre si e traçar seus significados, dando início à terceira e última etapa: elaboração de hipóteses interpretativas. Ao considerarmos a porção norte, da Figura 7, é verificada uma disposição distinta das habitações unifamiliares, tratando-se de outro tipo de uso e ocupação: um condomínio fechado (A). Características como lotes com grande espaçamento entre si, telhados com composição distinta das habitações ao redor, tamanho das edificações, cercamento por muros, entrada unificada, presença de estruturas de lazer e esporte como piscinas e disposição distinta embasam essa hipótese interpretativa.













Muitos pensadores e pensadoras dos estudos urbanos discutiram o crescimento dos condomínios fechados nessas últimas décadas, sendo uma forma de habitação que exprime a desigualdade permeada no espaço urbano contemporâneo. Um exemplo é Caldeiras (1997), que justifica a evolução de condomínios fechados, chamados por ela de enclaves fortificados, por crises econômicas, reestruturação de atividades e aumento da violência nos centros urbanos. A sequência lógica de interpretação em três etapas permite a análise do espaço e reflexão acerca dele, com a qual conclusões são atingidas, como a da área da cena ser reflexo de processos desiguais, sustentados nas causas pontuadas por Caldeiras (1997).

Esse processo também auxiliou na identificação de residências unifamiliares em lotes privados, que é o tipo de UOT mais presente na malha urbana da área em questão, assim como da maioria dos perímetros urbanos. A acomodação da população em bairros e distritos também é feita em casas, de tamanho pequeno ou médio, auxiliando o acesso aos distintos serviços e trabalhos por meio de estradas, rodovias, avenidas e ruas. Para esse caso, características como homogeneidade das formas e do tamanho, lotes distribuídos de maneira simétrica, adjacente e organizado em quadras auxiliaram na delimitação do uso e ocupação residencial unifamiliar.

Essa discussão é apenas um exemplo provindo da interpretação visual de imagens, sendo necessária a realização desse processo cognitivo para todas as classes aqui apresentadas. Por fim, foi desenvolvida a chave de interpretação

demonstrada no Quadro 6, com base nas classes de uso e ocupação mencionadas no capítulo de procedimentos metodológicos.

Quadro 6 – Chave de Interpretação

CLASSES	Composição Cor Verdadeira (RBG + Pan)	Composição Cor Falsa (RGB e NIR + Pan)	Imagem Pancromática em
1.1 Área Agrícola Urbana			
1.2 Comercial e Serviços em Lote Médio			
1.3 Comercial e Serviços em Lote Grande			
1.4 Industrial			

1.5 Mineração



1.6 Residencial Plurifamiliar em Lote Privado



1.7 Residencial Plurifamiliar em Condomínio Fechado



1.8 Residencial Plurifamiliar Informal



1.9 Residencial Unifamiliar em Lote Privado



1.10 Residencial Unifamiliar em Condomínio Fechado



1.11 Malha Viária



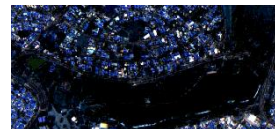
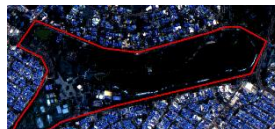
1.12 Aeroporto



1.13 Cemitério



1.14 Equipamento Urbano



1.15 Lote Desocupado



1.16 Cobertura Vegetal



1.17 Corpos Hídricos



Chave de interpretação, com imagens derivadas do CBERs 04A, em que as representações das respectivas classes estão delimitadas em vermelho, para as classes 1.4 e 1.12, a delimitação excede a escala de análise, assim não há necessidade de definir seus limites. Elaborado por Thiago Azevedo.

5.3 As Classes do Sistema de Classificação

A demonstração das classes de uso e ocupação e sistema aqui proposto visam alinhar as unidades com seus respectivos elementos visuais, avaliando a possibilidade de um sistema cujo principal alicerce está nas homogeneidades visuais. Haveria a possibilidade da distinção de dois níveis de menor detalhamento, como “1. Terra Urbana Antrópica” e “Áreas Verdes Urbanas”, contudo há extensa literatura existente sobre a diferenciação e teorização dessas duas unidades de mapeamento, algumas já mencionadas sendo Anderson et al. (1979), Heymann (1994), IBGE (2013) e Farias (2009) assim uma maior atenção a essa discussão não é o foco deste trabalho, mas sim a delimitação dos níveis de maior detalhamento.

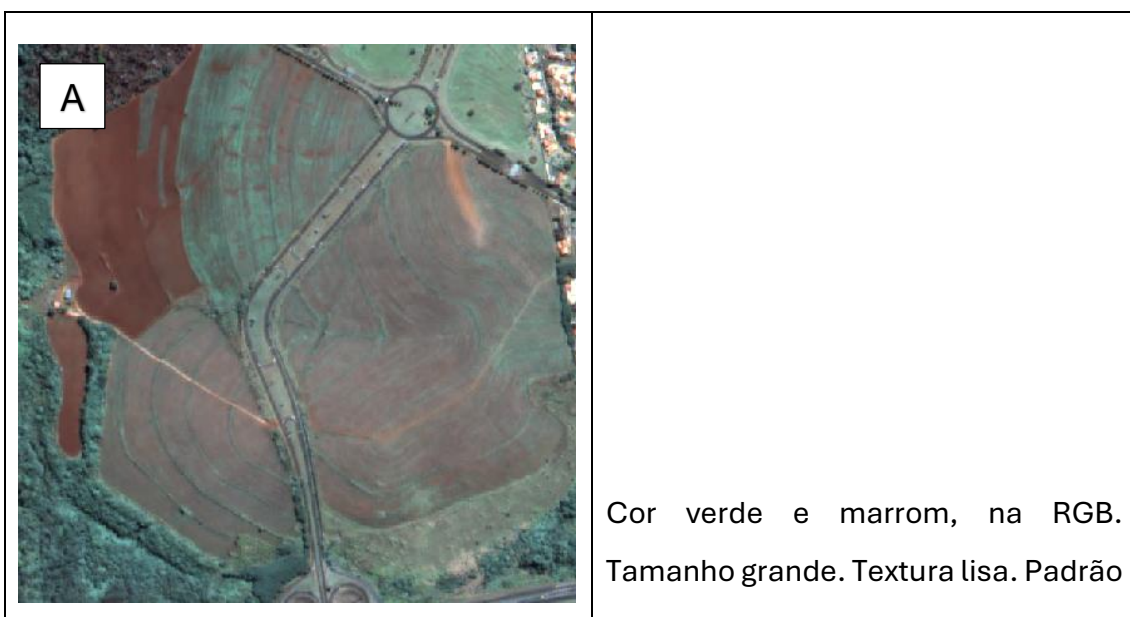
O levantamento e distinção de níveis com maior grau de detalhamento é o real desafio na classificação do UOTU por sensoriamento remoto, mesmo sensores atingindo altos níveis de resolução espectral e espacial. Com detalhes cada vez menores e densamente agrupados, as malhas urbanas contemporâneas podem ser classificadas em várias classes de uso e ocupação, variando de acordo com o objetivo do trabalho em questão. Para os objetivos deste trabalho, definições genéricas e abrangentes, como estipulado por Anderson et al. (1979), seriam a melhor abordagem, visando a aplicação do sistema em cidades distintas.

Classe 1.1 Área Agrícola Urbana

A ideia de produções agrícolas em centros urbanos parece improvável inicialmente, a coexistência da produção de insumos e grandes edifícios tecnológicos por muitas vezes é pouco provável, mas é possível encontrar usos da terra para a agricultura à medida que a malha urbana fica menos densa. Santos (1993) pontua o surgimento de cidades urbanas e cidades agrícolas, em meio ao avanço do meio técnico-científico-informacional e complexidade da divisão do trabalho, contudo a discussão da Classe 1.1 tange atividades agrícolas isoladas, que se desenvolveram nos centros urbanos por razões como grandes loteamentos sem uso, presentes em solo fértil, e condições edafoclimáticas favoráveis ao cultivo de determinado insumo.

A resposta espectral da produção agrícola não é favorável para a análise com a composição RGB + NIR, a vegetação aparece em tons muito escuros e de impossível distinção, como demonstrado na chave de interpretação (Quadro 6). O levantamento dos elementos visuais vinculados a essa unidade de classificação baseiam-se, sobretudo, na região do visível e pancromático, quando utilizada a câmera WPM, do CBERs 04A. Há ainda a possibilidade de composição das bandas 2, 3 e 4, que apresenta maior distinção dos insumos agrícolas, contudo não há muita entre as superfícies com edificações evidentes.

Quadro 7 – Áreas Agrícolas Urbanas





Classe de área agrícola urbana, imageada pelo CBERS 04A, referentes ao cultivo de cana de açúcar, em A, e produção de hortaliças, em B. Ambas as composições RGB. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.2 Comercial e Serviços em Lote Médio

A respeito dos usos e ocupações destinados às atividades comerciais e ofertas de serviço, nota-se sua predominância em áreas com acúmulo dessas atividades ou àquelas isoladas, inseridas em outros tipos de uso e ocupação. Uma maneira eficaz de distinguir essas duas classes é por meio do tamanho do lote, que varia entre grande e médio.

A Classe 1.2 refere-se às atividades acumuladas no espaço que configuram as zonas de comércio e serviços, sendo porções ou um bairro todo destinado a essas atividades, com formas de tamanho médio, como mercados, farmácias, escolas e academias, inseridos em lotes médios. Essa classe é a que apresenta a maior diversidade de formas no espaço, pela pluralidade de usos atrelada a ela, apresentando elementos visuais destoantes de outros tipos de UOTU.

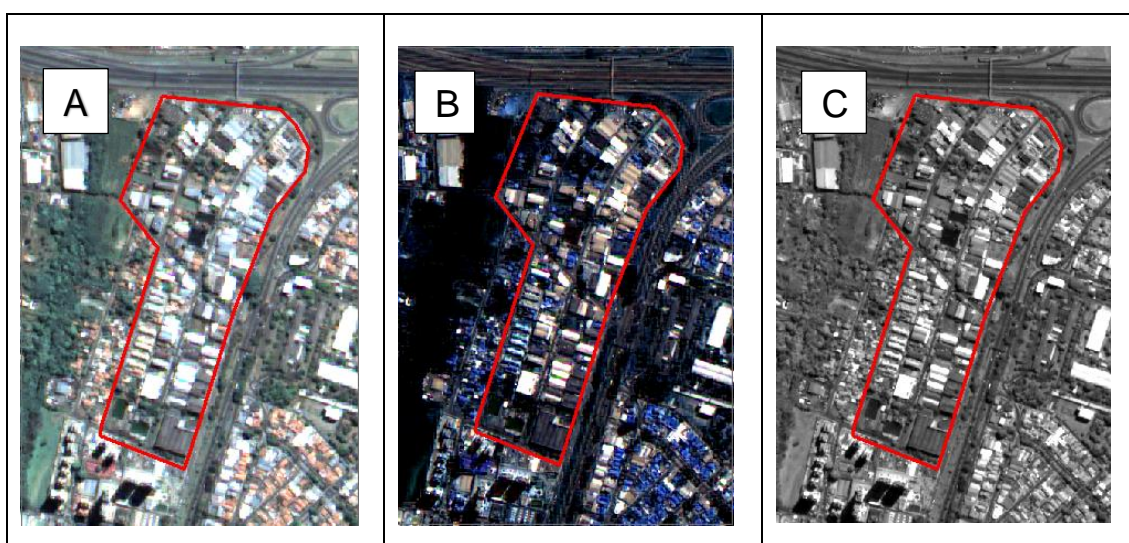
Contudo, um comércio ou serviço local e pequeno, isolado dentro da malha urbana, acabará sendo englobado pela homogeneidade das demais formas, isto é,

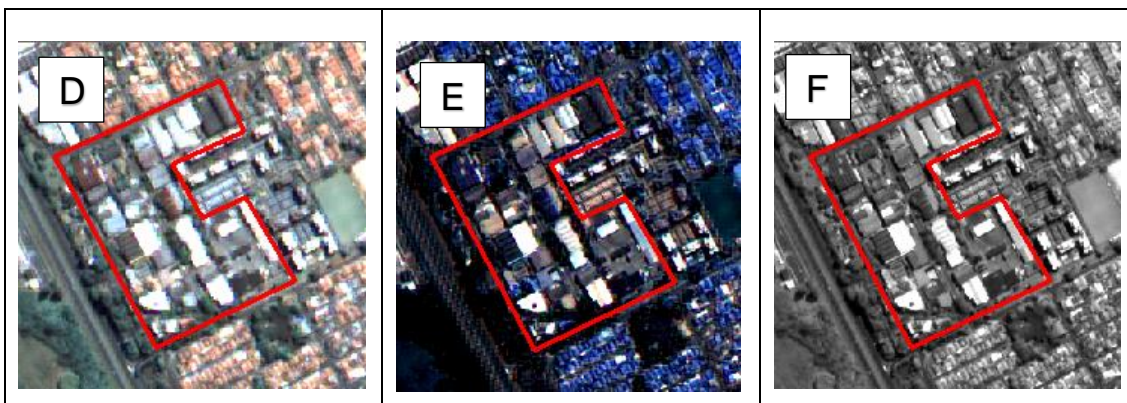
será classificado dentro do uso predominante. A complexidade urbana também tange o uso distinto para uma mesma forma, como uma casa ou estrutura similar, que pode ser usada para fim residencial e comercial ou oferta de serviços. Isso torna a distinção das formas urbanas de tamanho pequeno uma tarefa complexa, podendo envolver trabalhos de campo e outras maneiras de avaliar o espaço urbano.

A inserção desse tipo de uso e ocupação em segmentos do espaço urbano é um grande determinante no valor da terra, uma vez que essa classe está alinhada ao incremento da qualidade de vida local e acessibilidade à cultura, serviços, saúde e educação. Assim, o mapeamento dessa unidade é importante, sendo um indicativo de valor de terra e intervenção pública ou privada no espaço.

O uso e ocupação de comércio e serviço inseridos em lotes médios, como no Quadro 8, pode ter difícil diferenciação das classes de uso residencial, por ter tamanho e forma equivalentes no espaço, mas Classe 1.2 pode ser distinguida com base na composição da superfície de cobertura das estruturas. Usualmente, usos residenciais têm respostas espectrais com cor azul, no RGB + NIR, têm objetos retangulares, pequenos e padrão variante (aleatório para condomínios horizontais e sistemático para àqueles fora), enquanto usos Comerciais e de Serviço em bairros têm predomínio da cor branca, cinza ou marrom, na mesma região espectral, apresentam forma retangular, média e padrão sistemático. Assim, o uso da composição RGB + NIR, do CBERs 04A, é um grande auxílio na classificação da Classe 1.2.

Quadro 8 – Comércio e Serviços Inseridos em Lotes Médios.





Cores, branca, cinza e marrom, em RGB e RGB + NIR. Tamanho médio. Textura intermediária. Padrão de distribuição sistemático, com formas dos objetos retangulares. Tem sombra. Estruturas similares entre si, agrupadas em área comercial de fácil acesso, próxima de avenidas, rodovias e áreas residenciais, sendo maiores que as casas no entorno.

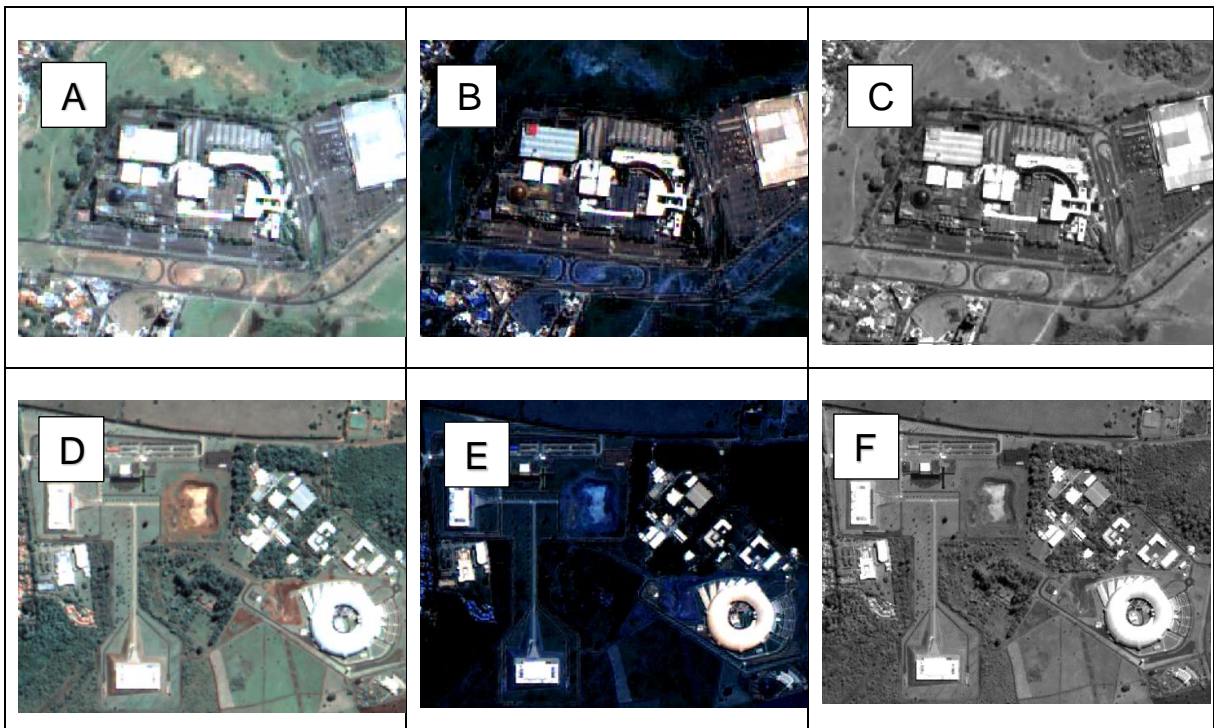
Classe de Comércio e Serviços, imageada pelo CBERS 04A. A, B, C, D, E e F são serviços e comércio em bairros. A e D são composições RGB, B e E RGB + NIR, C e F são da banda Pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.3 Comercial e Serviços em Lote Grande

No caso de atividades comerciais e de serviço em lotes grandes, como hospitais, escolas, campus universitários, centros de treinamento militar, shopping centers e outros usos correlatos, sua morfologia grande é destoante das demais em seu entorno, auxiliando na identificação em meio à malha urbana.

Comércio e Serviços concentrados em grandes centros, como no Quadro 9, são identificados mais rapidamente, pelo porte grande de seus elementos e sítio, situação e associação marcantes, fazendo com que essa forma de uso destoe das demais no espaço. A morfologia de grandes objetos dessa classe pode assumir formas distintas quadradas e retangulares, como traço arquitetônico diferenciado, contudo aqui serão consideradas as formas especificadas, por serem as mais presentes.

Quadro 9 – Comércio e Serviços Concentrados em Lotes Grandes



Cor branca e cinza, RGB, marrom e cinza, RGB + NIR. Tamanho grande. Textura Intermediária. Padrão de distribuição sistemático, com objetos de formas retangulares, quadradas e circulares. Tem sombra. Grande centro de compras ou de oferta de serviços, composto por várias estruturas agrupadas, com fácil acesso, próximo à rodovia e ruas, com grande área para estacionamento.

Classe de Comércio e Serviços em Lotes Grandes, imageada pelo CBERS 04A. A, B e C representam comércio e serviços em um shopping. D, E e F representam a concentração de serviços financeiro e institucional científico. A e D são a composição RGB, B e E são RGB + NIR, C e F são a banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.4: Industrial

Sendo grande marco da urbanização contemporânea, as formas referentes à Classe 1.4 são emblemáticas, quando verificamos o meio técnico-científico-informacional em que vivemos atualmente. O desenvolvimento para um espaço mundializado e baseado na técnica, ciência e informação teve como um dos sustentáculos principais a atividade industrial, que deu base para a produção do

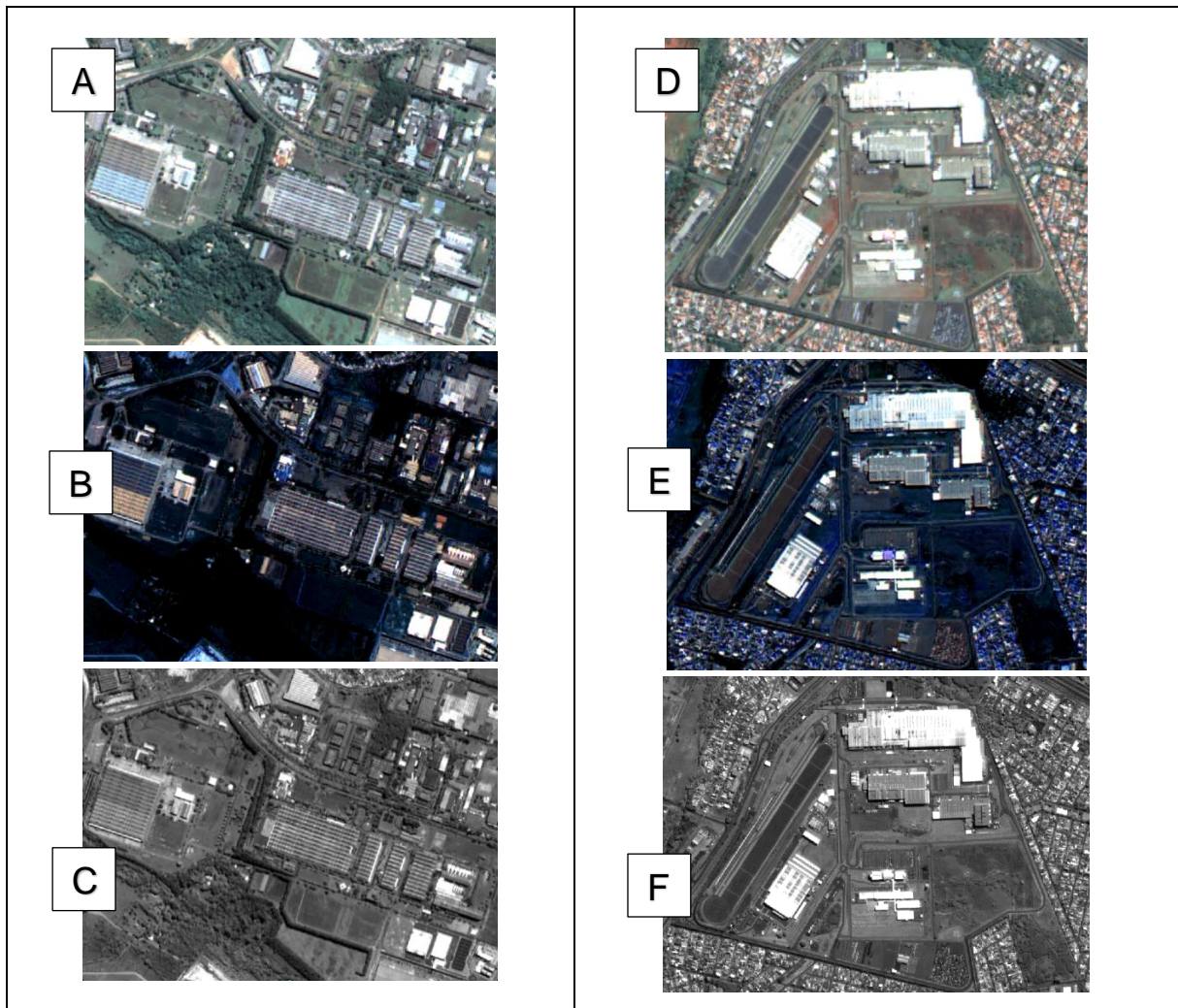
espaço urbano por meio de processamentos, fabricação, montadoras e emprego para crescente população.

A identificação de elementos visuais do uso e ocupação industrial é discutida por Jensen (2010), em que o autor elenca alguns marcos que destacam a atividade industrial na malha urbana. Algumas formas industriais são concentradas em grandes áreas, tendo disposição característica, geralmente com materiais dispostos em sua área e estruturas com formato incomum.

Ao considerarmos a ampla gama de cores e tons que a Classe 1.4 tem, sobretudo ao analisar a composição RGB + NIR, ficam evidentes as duas formas predominantes de atividade industrial: aquelas inseridas em estruturas e outras com atividades a céu aberto. Usualmente, indústrias relacionadas a processos químicos, físicos e outros estão inseridas dentro de estruturas, dispersas sistematicamente dentro de um lote definido, enquanto atividades industriais extrativas (Classe 1.5) estão relacionadas ao solo exposto. Essa diferença resulta em cores contrastantes nas duas formas, assim a resposta espectral de ambas será muito diferente.

Em relação ao estudo complementar, feito com as três composições, ele é favorável na identificação da Classe 1.4, sobretudo quando é necessária a identificação de atividade industrial dentro de galpões ou estruturas próprias. Pela composição de sua estrutura diferir das demais classes, como telhados de metal e tamanho grande, a composição RGB + NIR auxilia a delimitação direta da classe, quando inserido na malha urbana. Ademais, como o sítio, situação e associação industrial é diferente dos demais, esse é um elemento essencial para o mapeamento.

Quadro 10 – Complexos Industriais



Cores brancas e cinzas, no RGB e RGB + NIR. Tamanho grande. Textura mista. Padrão aleatório, com formas retangulares. Tem sombra. Zonas grandes e bem demarcadas, com estruturas grandes e metálicas, dispersas na área, com estacionamento grande, inseridos próximo a áreas residenciais e de fácil acesso viário.

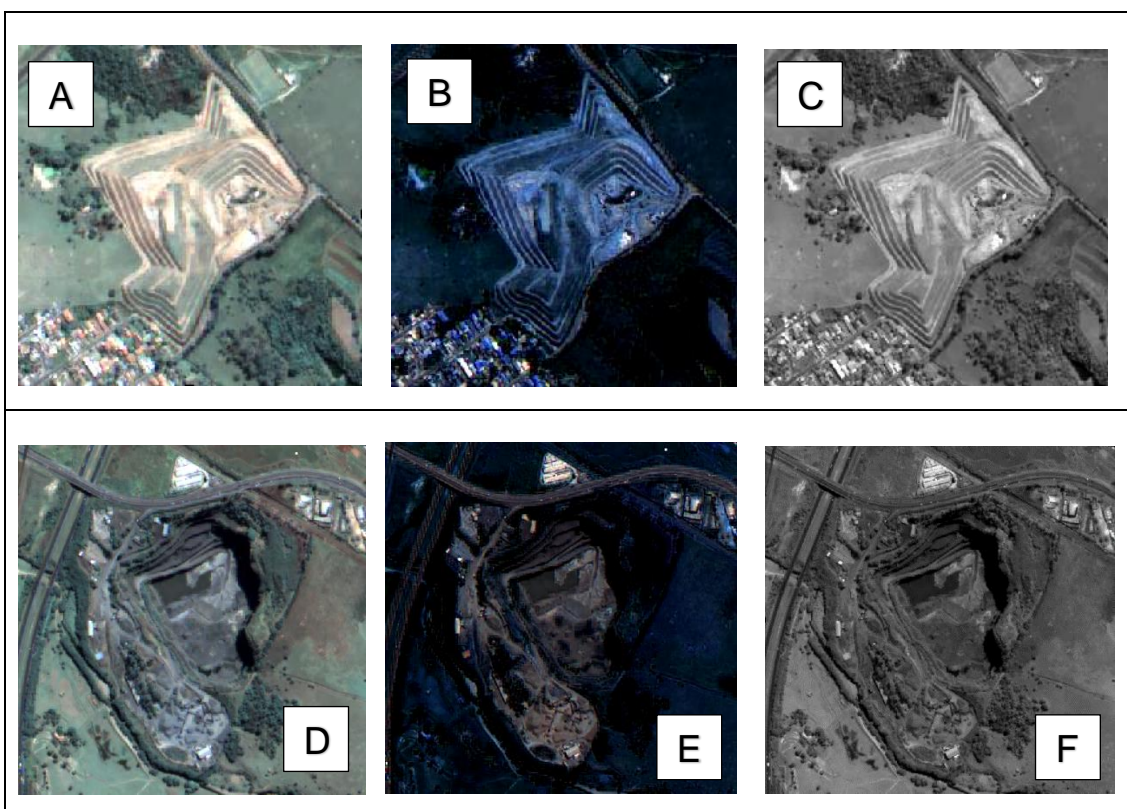
Complexos Industriais, em que A, B e C referem-se ao Distrito Industrial de Campinas, e D, E e F ao complexo da Honda Brasil. A e D são composições RGB, B e E, RGB + NIR, C e F são imagens pancromáticas. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.5 Mineração

Usualmente, atividades industriais de extração a céu aberto, como mineradoras, são identificadas por elementos destoantes das demais, como presença de solo exposto, forma amorfa e sítio, situação e associação distinto, tornando sua

identificação direta em meio à malha urbana. A análise espacial baseada em duas composições e a imagem pancromática é favorável à delimitação de uso e ocupação referente às atividades de mineração, sobretudo ao considerarmos o solo exposto presente na extração, que tem resposta destoante das demais no RGB+NIR, apresentando tonalidades de azul claro.

Quadro 11 – Indústrias a Céu Aberto



Cores cinza e marrom, RGB, marrom escuro e azul claro, RGB + NIR. Tamanho grande. Textura rugosa. Padrão aleatório, com formas amorfas. Tem sombra. Zonas com presença de solo exposto e disposição em níveis, que remetem à escavação, com estabelecimentos pequenos nos limites e estão inseridas em regiões periféricas à malha urbana densa.

Indústrias à Céu Aberto. A, B e C referem-se à indústria de reciclagem, enquanto D, E e F são de uma mineradora. A e D são as composições RGB, B e E, RGB + NIR, e C e F são as imagens pancromáticas. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.6 Residencial Plurifamiliar em Lote Privado

Sendo as classes de uso e ocupação mais presentes no espaço urbano, para acomodar o grande contingente populacional que habita a malha urbana, áreas residenciais são encontradas intuitivamente em imagens de sensoriamento remoto. Dividida em quadras planejadas ou loteamentos informais, com casas de várias classes socioeconômicas, essa classe é de suma importância para o estudo do arranjo urbano.

O processo de urbanização polarizado pode ser evidenciado com clareza por meio da análise dos tipos de habitações inseridos em determinadas porções do espaço, sendo um termômetro que evidencia o aporte econômico da população e dos serviços que envolvem esse uso. Assim, a morfologia urbana residencial segue padrões estruturais definidos pela classe socioeconômica de sua população residente, e isso se reflete nas formas urbanas em seu entorno.

A Classe 1.6 engloba essa porção residencial plurifamiliar inserida em lotes privados, assim sendo prédios habitacionais privados, cercados por estabelecimentos ou estruturas menores. Sua análise e delimitação por meio dos elementos de sensoriamento remoto estão baseadas sobretudo nas cores, padrão de distribuição e sítio, situação e associação.




A resposta espectral da Classe 1.6, na composição RGB, não apresenta cores homogêneas, uma vez que cada edificação tem um telhado diferente do outro, por se tratar de construções privadas distintas entre si, assim apresentando cores cinzas, brancas e pretas, majoritariamente. As cores na composição RGB+NIR são, majoritariamente, cinza e preto, destoando das demais em seu entorno. Em relação ao padrão de distribuição dos objetos, eles obedecem a um padrão sistemático, seguindo quadras pré-determinadas, usualmente.

Seu sítio, situação e associação está vinculado, sobretudo, aos objetos de entorno, ou seja, às edificações ao redor das residências plurifamiliares em lotes privados. Na maioria das vezes, esses prédios estão cercados de estruturas de

tamanho menor, como casas ou estabelecimentos comerciais e de serviço, não atendendo um padrão específico de objetos de entorno.

Contudo, essa classificação não atende às características de lotes plurifamiliares informais, classe discutida em seguida.

Quadro 12 – Residências Plurifamiliares em Lotes Privados

	
	<p>Cor cinza, RGB, azul escuro e preto, RGB+NIR. Tamanho médio. Textura rugosa. Padrão sistemático, com objetos em formas quadradas. Prédios inseridos e quadras, cortadas por malha viária, sendo edificações sem padrão pré-estabelecido, altos, telhado e comprimento heterogêneo.</p>
	

Classe de residencial plurifamiliar, com prédios em quadras, imageado pelo CBERs 04A. A é a composição RGB, B é a RGB + NIR, C é da banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

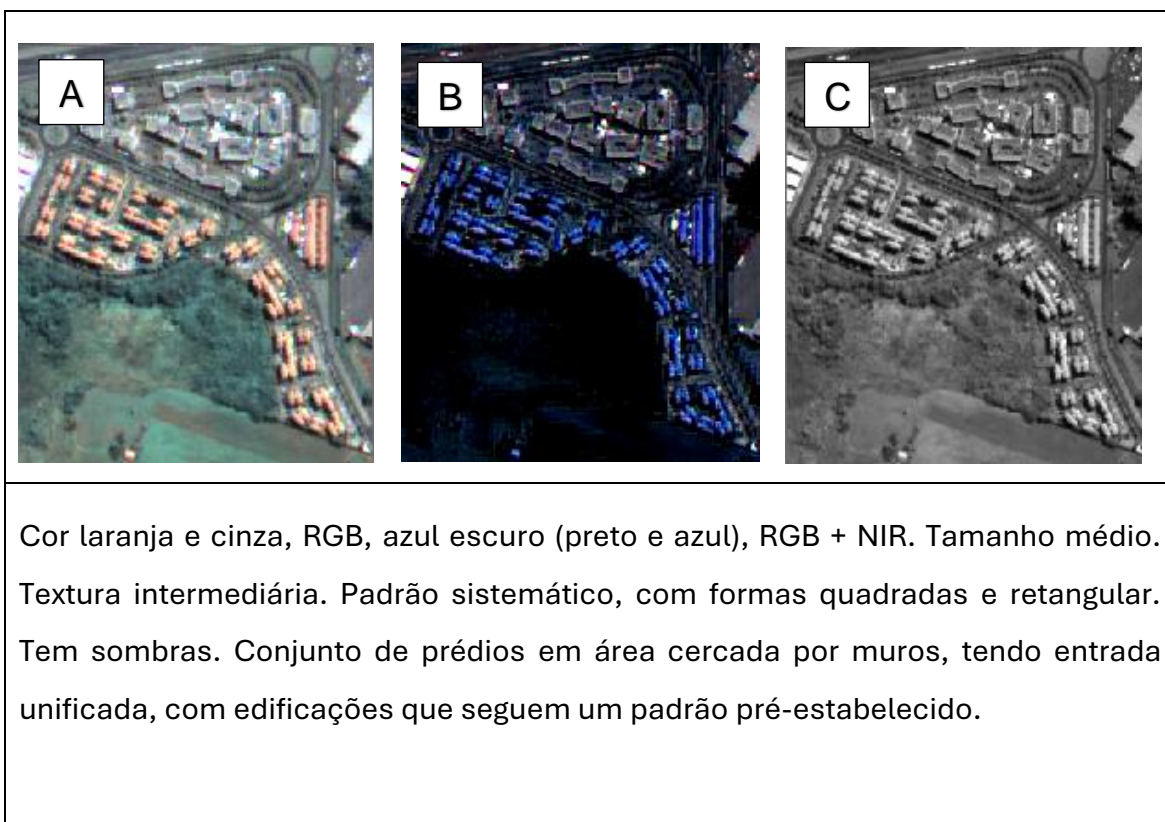
Classe 1.7 Residencial Plurifamiliar em Condomínio Fechado

Assim como a Classe 1.10, a Classe 1.7 também representa a segregação espacial feita por uma população com maior poder de compra, a fim de maior segurança ou residir em um espaço mais controlado, em relação à mobilidade de pessoas, sobretudo. Residências plurifamiliares em condomínios fechados representam prédios habitacionais inseridos em uma área delimitada e cercada por muros, com entradas unificadas e com disposição destoante das demais residências plurifamiliares, por não obedecerem a uma distribuição em quadras.

Sua identificação por meio de elementos visuais está baseada na resposta espectral, dentro da composição RGB+NIR, sítio, situação e associação bem definidos e o padrão de distribuição dos objetos. A resposta espectral na composição RGB traz consigo cores alaranjadas e cinzas, remetendo aos telhados e pavimentação, respectivamente, enquanto a resposta na região RGB+NIR assume cores azuladas. Essa característica de cores é fundamental na distinção entre residências plurifamiliares em lotes privados e condomínios fechados, pois prédios em condomínios usualmente seguem um padrão de telhados, tendo a mesma resposta espectral, enquanto aqueles em lotes privados têm telhados com composições e cores distintas, não apresentando uma homogeneidade de cores.

Acerca do padrão de distribuição, residências plurifamiliares em lotes privados usualmente estão distribuídas em quadras, enquanto aquelas inseridas em condomínios fechados seguem distribuição desvinculadas de uma quadra específica, seguindo um padrão próprio. E em relação a seu sítio, situação e associação, os prédios estão inseridos em um lugar bem delimitado, que está cercado por muros, e têm prédios com estruturas homogêneas entre si, ou seja, edificações iguais.

Quadro 13 – Residências Plurifamiliares em Condomínio Fechado



Classe de residencial plurifamiliar, com prédios em condomínios e fora deles, imageado pelo CBERs 04A. A é a composição RGB, B é RGB + NIR, C é a banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

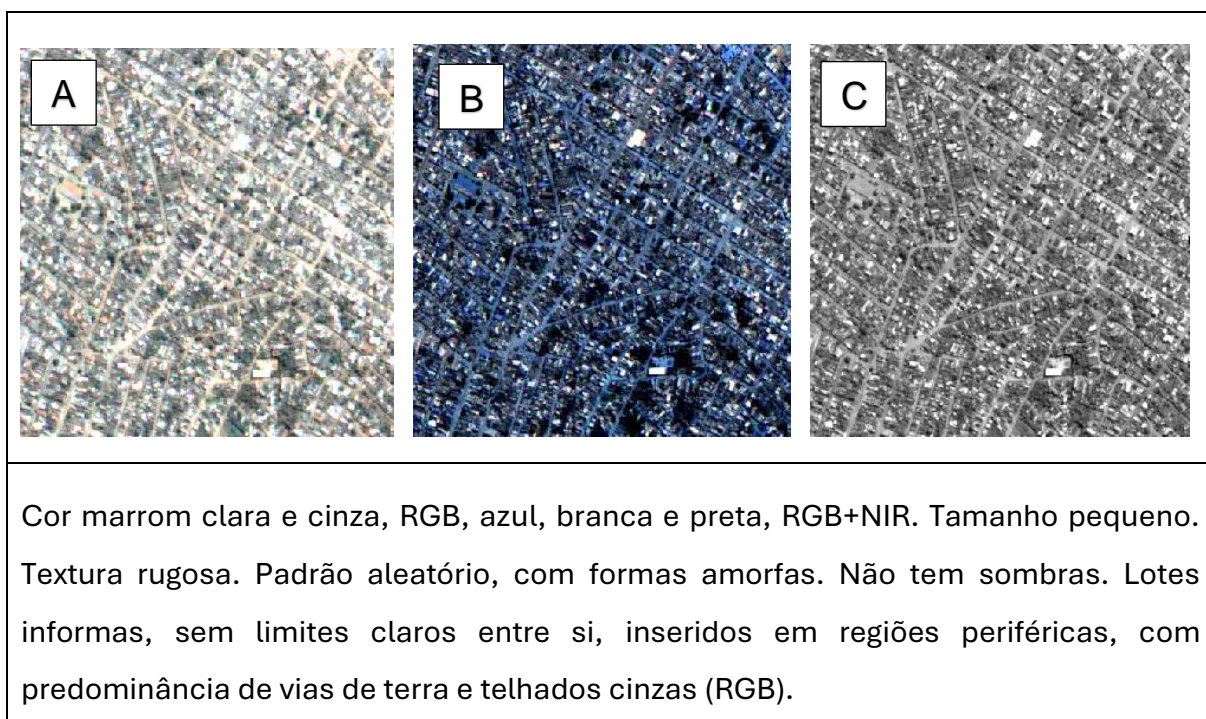
Classe 1.8 Residencial Plurifamiliar Informal

Ao considerarmos o espaço urbano contemporâneo e a maneira como ele é produzido, por atores e modelos hegemônicos, uma das características mais pungentes que o permeia seria a desigualdade socioeconômica da população urbana, fator que também é expresso por meio dos tipos UOTU. A especulação seletiva, como mencionada por Santos (1993), estrutura regiões centrais de alto valor de terra e áreas periféricas de baixo valor econômico, assim a população com menor poder de compra está limitada às áreas periféricas, instalando-se em residências informais. A partir disso, são estruturadas classes de uso e ocupação referentes a ocupações, favelas e lotes informais.

A Classe 1.8 foi delimitada a partir da necessidade de diferenciação entre habitações plurifamiliares formais e informais, uma vez que ambas apresentam

elementos visuais muito distintos, sobretudo no que diz respeito ao tamanho dos objetos, sombra, padrão de distribuição e sítio, situação e associação. Enquanto os objetos das Classes 1.6 e 1.7 são edifícios circundados por caminhos pavimentados, inseridos no centro do perímetro urbano, a Classe 1.8 é definida por casas de tamanho pequeno, sem limitação definida entre os lotes, muitas vezes sem pavimentação, telhados de cor cinza e sem sombra, inseridos em regiões periféricas do perímetro urbano.

Quadro 14 - Residencial Plurifamiliar Informal



Zona residencial informal, imageado pelo CBERs 04A. A é a composição RGB, B é RGB + NIR, C é a banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.9 Residencial Unifamiliar em Lote Privado

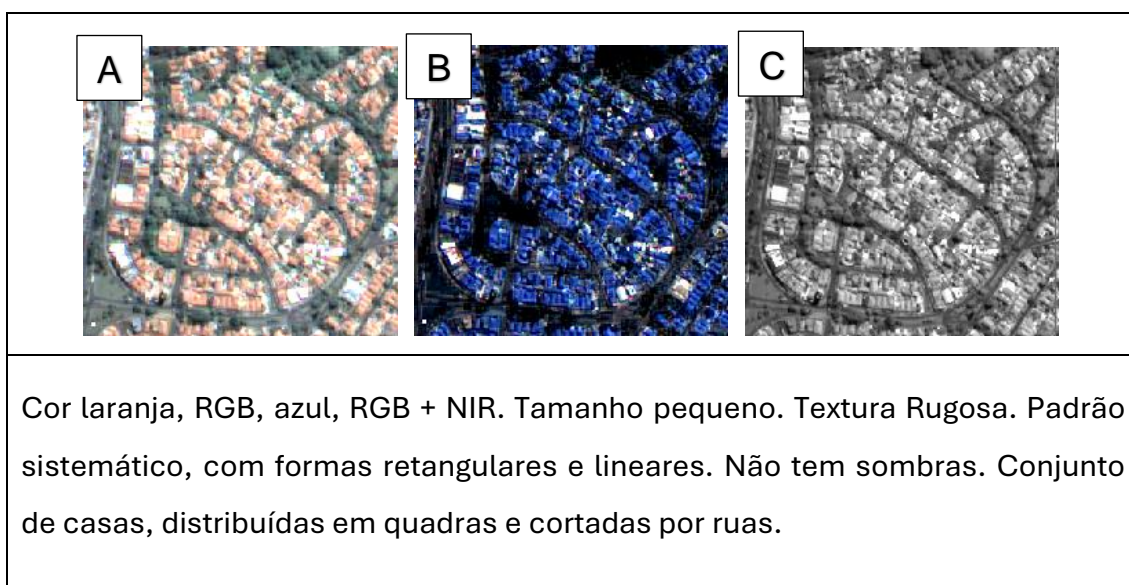
Ao considerarmos a Classe 1.9, nos deparamos com o tipo de UOTU mais expressivo na grande maioria das malhas urbanas, sendo estruturas com grande variedade de componentes estruturais. Sua identificação por imagens de sensoriamento remoto é praticamente intuitiva, pela familiaridade dos intérpretes a

esse tipo de uso e ocupação, e os componentes mais importantes para sua definição são telhados, malha viária de entorno e proximidade dos lotes.

As residências unifamiliares em lotes privados têm suas características determinadas pelo poder de compra dos seus residentes, usualmente, em que aspectos como material utilizado na construção, tamanho do lote e da casa variam consideravelmente. No caso de imagens de sensoriamento remoto, na resolução espacial em questão, essas características não colaboram muito na identificação da classe 1.9, pois esses aspectos não são identificados com tanta facilidade, assim alguns elementos visuais chave são fundamentais, tais como cor, tamanho, sítio, situação e associação.

A análise com três imagens auxilia tanto na identificação dessa classe, quanto na diferenciação dos elementos presentes na Classe 1.2 Comercial e Serviços em Lote Médio, por conta da composição dos telhados e tamanho dos objetos. Enquanto a Classe 1.2 tem resposta espectral de cor branca ou cinza, na composição RGB+NIR, a Classe 1.9 apresenta coloração azul forte, na mesma região do espectro. Ademais, seu sítio, situação e associação tornam sua identificação mais direta, por contar com casas distribuídas em quadras, que são cortadas por ruas.

Quadro 15 – Residências Unifamiliares em Lotes Privados



Classe de residencial unifamiliar em lote privado, com casas em quadras, imageado pelo CBERs 04A. A é a composição RGB, B é RGB + NIR, C é da banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.10 Residencial Unifamiliar em Condomínio Fechado

Residências unifamiliares são expressão do aporte socioeconômico de um bairro ou região, sendo indicativo confiável para isso, uma vez que casas com estruturas mais elaboradas e porte grande usualmente remetem à porção da população com maior poder de compra. Essa realidade é ainda mais evidente quando consideramos residências unifamiliares inseridas em condomínios fechados, por serem expressão da segregação urbana, em que parte da população com maior poder de compra se instala em condomínios por maior segurança ou ainda um espaço mais controlado.

Ao considerarmos os elementos visuais que auxiliam na identificação da classe em questão, notamos que o padrão sistemático e sítio, situação e associação são elementos chave na distinção de residências unifamiliares inseridas em lotes privados, daquelas inseridas em condomínio fechado. Usualmente, residências unifamiliares em condomínio fechado estão inseridas em uma área bem delimitada, com muros na área como um todo, não entre os lotes, também apresentam entradas de acesso unificadas e padrão de distribuição distinto das áreas residenciais de entorno.

Quadro 16 – Residências Unifamiliares em Condomínio Fechado



Cor laranja ou branca, RGB, azul e branca, RGB + NIR. Tamanho pequeno. Textura Rugosa. Padrão aleatório, com formas retangulares e lineares. Não tem sombras. Conjunto de casas, distribuídas de maneira espaçada em área grande e bem delimitada por muros, inserida em região com entrada unificada.

Classe de residencial unifamiliar em Condomínio Fechado, com casas em condomínios, imageado pelo CBERs 04A. A é a composição RGB, B é a RGB + NIR, C é da banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe: 1.11 Malha Viária

Responsáveis por fundamentar e integrar toda malha urbana local, regional, nacional e internacional, a classe de uso e ocupação da malha viária é vital para o funcionamento da cidade, auxiliando a mobilidade do fluxo material de insumos, produtos, mão de obra, pessoas e outros agentes que embasam a sociedade capitalista. À medida que o espaço urbano se multiplica, por meio das forças hegemônicas públicas e privadas, novas aglomerações urbanas se consolidam e novas unidades de uso e ocupação são reproduzidas. A malha viária é um dos primeiros objetos a ser construído, embasando a fluidez das novas porções urbanas e acessibilidade a elas.

Ao considerarmos os objetos da Classe 1.11, nos deparamos com ruas pavimentadas, ruas de terra, rodovias, anéis viários, ferrovias e formas correlatas. Essas representações estão no cotidiano da pessoa inserido no espaço urbano e sua identificação em imagens de sensoriamento remoto é intuitiva, como demonstrado no Quadro 17.

Ao considerarmos os elementos do Quadro 17, notamos que sua identificação na malha urbana pode ser feita apenas com a posição RGB, do CBERs 04A, assim as demais composições cumprem função secundária, apenas para auxiliar. Os elementos visuais cuja análise é mais direta com a imagem pancromática (tamanho, textura, padrão, forma e sombra) também podem ser interpretados por meio da composição RGB, por conta da homogeneidade dos materiais que compõem as vias, como concreto, e serem formas bem delimitadas no espaço.

Quadro 17 – Ruas, Anéis e Rodovias



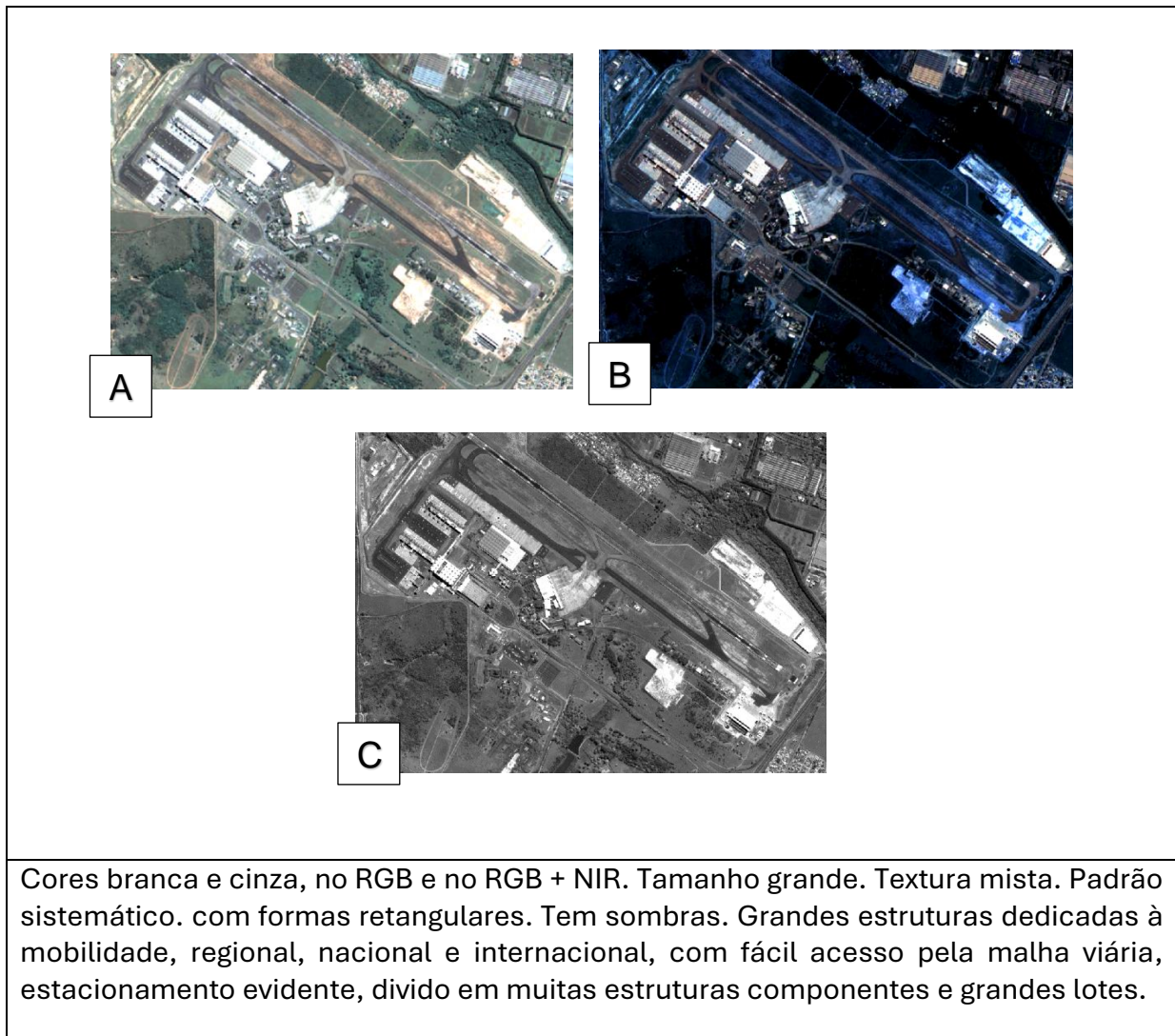
Classe de Transporte, com algumas vias de transporte evidenciadas. A refere-se à parte da rodovia Dom Pedro, B seriam ruas cruzando uma área residencial e C são anéis da Rodovia Dom Pedro. Todas as imagens em composição RGB. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.12 Aeroporto

A identificação de aeroportos em meio à malha urbana é algo de grande importância, considerando a demanda dessa estrutura em centros regionais e nacionais, sendo a principal forma de mobilidade internacional, de pessoas e materiais. Ao considerarmos seus elementos visuais, notamos que a estrutura destoa dos demais tipos de UOTU por características específicas como grande porte das estruturas, via de pouso de aviões e ter fácil acesso viário.

Seu padrão de distribuição é sistemático por seguir padrões pré-estabelecidos de organização, como grandes estruturas dispostas ao lado de uma grande pista de pouso, sendo uma interpretação que vincula padrão e sítio, situação e associação.

Quadro 18 – Aeroporto



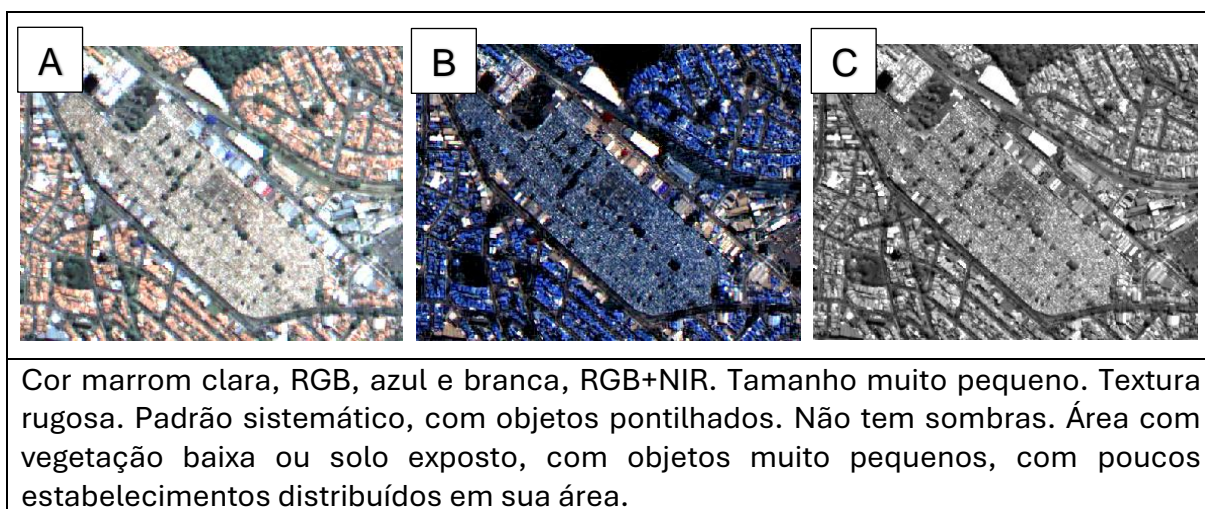
Aeroporto de Viracopos, em que A é a composição RGB, B é, RGB + NIR, e C é da banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.13 Cemitério

A identificação dos objetos relacionados à Classe 1.13 está vinculada ao tamanho dos objetos e sítio, situação e associação, sobretudo, uma vez que esses elementos visuais destoam dos demais, dentro da malha urbana. Cemitérios usualmente são compostos por estabelecimentos administrativos de pequeno porte e lápides muito pequenas, dispostas em região sem vegetação ou com vegetação muito baixa, sendo sítio, situação e associação diferente dos demais tipos de UOTU.

A identificação desses objetos muito pequenos seria impossível por meio de imagens de sensoriamento, com resolução espacial equivalente a do sensor WPM do CBERs 04A, contudo cemitérios agrupam grande quantidade desses objetos pequenos, compondo uma textura rugosa e quase pontilhada na imagem. A partir disso, sua identificação é possível, como demonstrado no Quadro 19.

Quadro 19 – Cemitérios



Cemitério da Saudade, em que A é a composição RGB, B é, RGB + NIR, e C é da banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.14 Equipamento Urbano

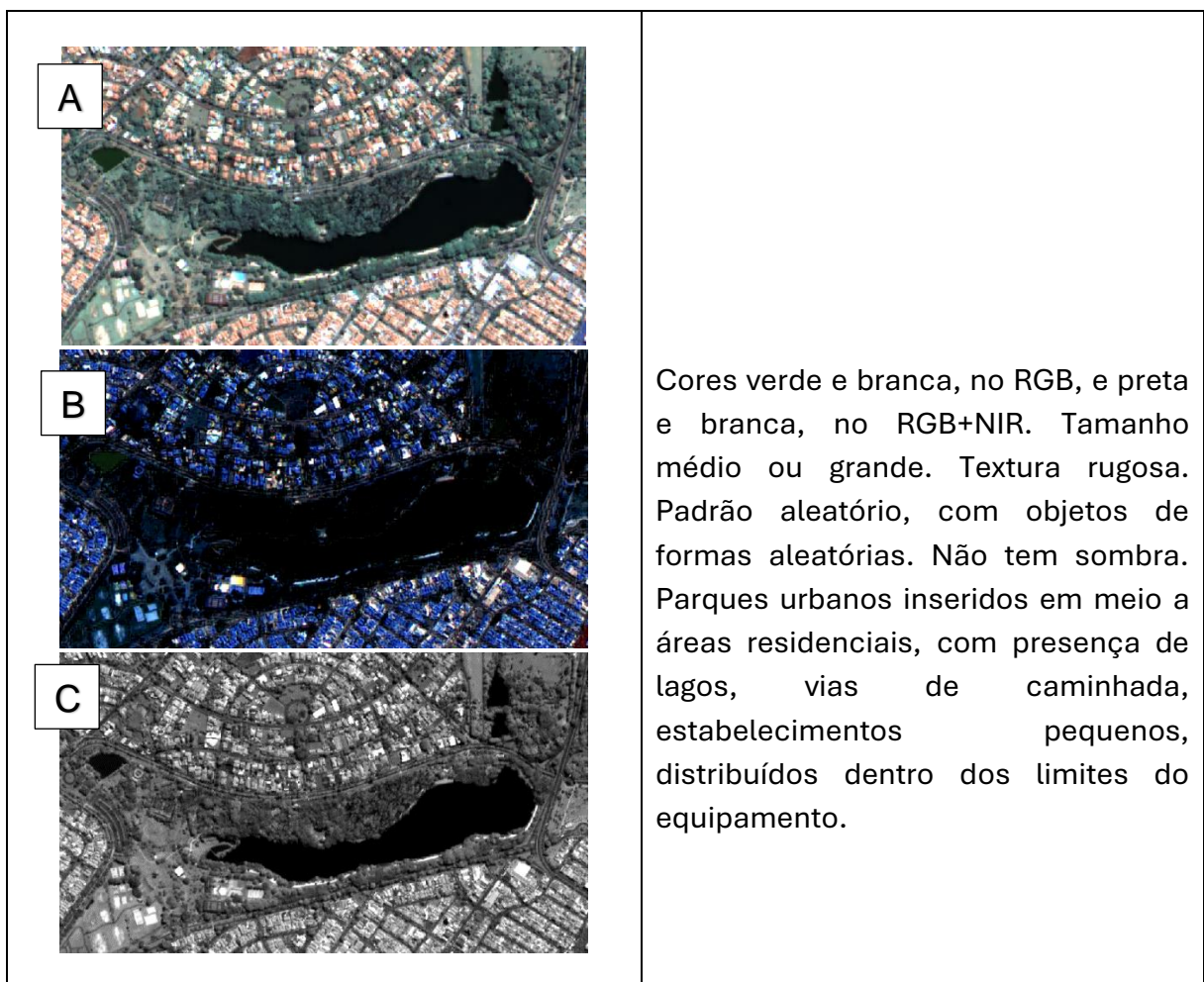
A Classe 1.14 é de grande importância ao considerarmos a inserção da sociedade no espaço urbano, permitindo acesso a áreas verdes destinadas para a integração natureza e sociedade, permitindo interação com essa área verde, práticas de esportes e lazeres distintos. Assim, essa classe engloba parques urbanos, jardins e praças com cobertura vegetal destinadas à integração da comunidade.

Sua identificação por meio de elementos visuais de sensoriamento remoto tem eficácia vinculada ao tamanho do equipamento urbano em questão, em que equipamentos urbanos de tamanho pequeno ou muito pequenos, como uma academia ao ar livre ou uma praça de bairro, tem limitações em sua identificação, enquanto equipamentos médios e grandes são delimitados com mais precisão. Outro

fator determinante na eficácia está na porção de cobertura vegetal presente no equipamento urbano, uma vez que a presença intensa de vegetação pode impedir a visualização de características determinantes, como pequenos estabelecimentos e vias de caminhada.

Assim, a identificação da Classe 1.14 está atrelada a equipamentos urbanos de tamanho médio ou grande, sendo tamanho o primeiro elemento visual determinante. Dos demais elementos, os mais importantes para delimitação exata seriam Padrão e Forma, assumindo características aleatória e amorfa, respectivamente, fato derivado da intensa presença de cobertura vegetal e hídrica em sua superfície.

Quadro 20 - Equipamento Urbano



Parque do Taquaral, em Campinas, em que A é a composição RGB, B é a composição RGB+NIR, e C é referente à banda pancromática. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.15 Lote Desocupado

Acerca de loteamentos desocupados, o tamanho pequeno de suas superfícies, em meio às aglomerações urbanas mais densas, cria um desafio para a identificação. A especulação imobiliária, como grande força produtora do espaço urbano, altera o espaço continuamente, destruindo estruturas antigas, para que novos lotes sejam vendidos ou reconstruídos. Em meio a isso, uma maneira eficaz de identificar a Classe 1.15 é por meio do elemento Sítio, Situação e Associação, que aponta uma característica única da morfologia dessa classe: a quebra de padrão de ocupação. Ao analisarmos a cena como um todo, vemos usos e ocupações distintos, caso haja um lote desocupado em meio a eles, serão formas bem definidas, mas sem construções antrópicas, rompendo o padrão de uma área residencial, como exemplo.

Quadro 21 – Lotes Desocupados



Em A e B são representados pequenos lotes desocupados em área residencial, enquanto C se refere a um grande lote desocupado. A, B e C são composições RGB. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classes 1.16 Cobertura Vegetal

O avanço do meio técnico-científico-informacional e constante metamorfose da malha urbana imprime um intenso ritmo de produção de superfícies construídas, que

gradualmente extinguem superfícies que remetem às classes 1.16 e 1.17, de maneira que quanto mais densa é a malha urbana, menor será a quantidade de elementos dessas classes. Contudo, os componentes dessas classes também são componentes importantes do espaço urbano, podendo remeter à qualidade de vida e aumento do valor de terra.

Iniciando a discussão com a Classe 1.16, a identificação da cobertura vegetal urbana, quando baseado nas três imagens trabalhadas aqui, pode ser feita por meio da composição RGB com eficácia. A pancromática auxilia na delimitação do tamanho e sítio, situação e associação, pela maior resolução espacial, enquanto a composição RGB + NIR não traz muitas informações, pela resposta espectral dessa região não realçar superfícies verdes.

Algumas considerações são importantes de serem feitas, acerca da distinção entre a Classe 1.16 e 1.1, uma vez que seus componentes visuais principais são a cobertura vegetal. Quando analisamos a Classe 1.1, verificamos textura lisa, um padrão de distribuição sistêmico e objetos com formas bem definidas, características visuais marcantes de atividades agrícolas, enquanto a Classe 1.16 apresenta textura rugosa, padrão aleatório e objetos com formas amorfas, remetendo à uma superfície verde urbana. Com essas distinções em mente, é possível distinguir com eficácia uma superfície verde urbana de vegetação de uma com atividade agrícola.

Quadro 22 – Cobertura Vegetal



Cores verde. Tamanho variante. Textura rugosa. Padrão de distribuição aleatório e objeto com formas amorfas. Tem sombra. Superfícies com vegetação média ou baixa, sem padrão de distribuição definido e ausência de construções em sua área.

São representadas porções significativas de concentração verde na área urbana de estudo. A, B e C são composições RGB. Elaborado por Thiago Azevedo.

Classe 1.17 Corpos Hídricos

Corpos hídricos, na região do RGB, podem apresentar cores e formas similares à vegetação saudável, com tons de verde escuro e objetos amorfos, então sua diferenciação está baseada na textura, sobretudo. Enquanto a Classe 1.16 apresenta textura rugosa, as superfícies referentes à Classe 1.17 têm textura lisa, sendo o ponto chave para diferenciação.

Quadro 23 – Corpos Hídricos



Cores verde escura e preta. Tamanho variante. Textura lisa. Padrão de distribuição aleatório e objeto com formas amorfas. Sem sombra. Superfícies lisas, envoltas por vegetação ou solo exposto.

São representadas porções significativas de lagos na área urbana de estudo. A, B e C são composições RGB. Elaborado por Thiago Azevedo.

6. Considerações Finais

Desde os primórdios da urbanização brasileira, o processo de produção do espaço urbano segue diretrizes hegemônicas, que ordenam o espaço a fim de sustentar as demandas do capitalismo, diretamente ou indiretamente. Essas diretrizes inserem o planejamento do urbano em tendências que podem ser evidenciadas na morfologia urbana das cidades contemporâneas.

Uma das metodologias mais importantes para o estudo e planejamento do espaço urbano é a classificação dos tipos de uso e ocupação inseridos em cidades de diversas escalas, mas essa abordagem ainda carece de literatura. Considerando isso e o potencial de delimitar o espaço urbano por sua morfologia, surge a proposta de metodologia de classificação do UOTU, para fundamentar o levantamento de informações e dar base ao desenvolvimento de um novo olhar frente à complexidade da cidade globalizada contemporânea.

A partir disso, o sistema aqui proposto apresentou dois níveis de detalhamento, considerados suficientes para esse momento, em que os elementos visuais de imagens de sensoriamento remoto foram descritos de acordo com as respectivas classes de uso e ocupação. Assim, como os demais sistemas mencionados, esse também não engloba toda pluralidade de morfologias em cada classe, sendo necessário um terceiro nível de detalhamento para isso. Pode haver exceções de formas que não se enquadram na descrição dos elementos visuais feita no Anexo II, mas isso era esperado, uma vez que a classificação se sustenta na generalização, em doses pequenas, e na homogeneidade. Assim, os elementos mais expressivos de cada classe são os necessários para fundamentar um sistema de classificação eficiente e, quanto às exceções, informações colaterais são necessárias, como aponta Jensen (2010), para que elas sejam identificadas corretamente.

Em relação às conclusões dentre cada classe, em relação à **1.1 Área Agrícola Urbana**, é preciso considerar a sazonalidade dos cultivos, em vista que algumas épocas do ano o solo pode estar recoberto pelo cultivo em questão, mas em outras pode estar exposto, sem utilização ou ainda sendo destinado a outro cultivo. Ao analisar imagens de sensoriamento remoto visando a classificação de atividades

agrícolas urbanas é importante considerar as formas derivadas da imagem pancromática e as cores da composição RGB, pois as feições que remetem à vegetação estarão ordenadas de maneira geométrica no espaço.

A **Classe 1.2 Comércio e Serviços em Lote Médio** seria a categoria mais variante na literatura, com autores vinculando usos e ocupações diversificados a ela, nesta ocasião ela envolveu uma gama restrita de atividades, a fim de otimizar a classificação. Por ser uma das classes com maior pluralidade de objetos e usos, há muito potencial para sua ramificação em maiores níveis de detalhamento, por conta da grande diferença dos elementos visuais que compõem os objetos dessa classe. Quanto a **Classe 1.3 Comércio e Serviços em Lote Grande**, sua diferenciação dos demais UOTU é eficiente com a metodologia aqui proposta, com atenção às superfícies industriais, que apresentam elementos visuais semelhantes, sendo necessário um olhar mais atento na identificação.

A **Classe 1.4 Industrial** é bem classificada ao considerarmos os elementos destacados no Anexo II, o que ocorre também na **Classe 1.5 Mineração**, tendo sua identificação clara por meio dos elementos visuais de imagens de sensoriamento remoto. Isso também é aplicado à **Classe 1.11 Malha Viária**, **Classe 1.12 Aeroporto**, **Classe 1.13 Cemitério** e **Classe 1.15 Lote Desocupado**, cuja identificação está baseada na familiaridade com as formas, sítio, situação, associação e tamanho dos objetos.

Para as classes residências, **1.6 Residencial Plurifamiliar em Lote Privado**, **1.7 Residencial Plurifamiliar em Condomínio Fechado**, **1.8 Residencial Plurifamiliar Informal**, **1.9 Residencial Unifamiliar em Lote Privado** e **1.10 Residencial Unifamiliar em Condomínio Fechado** é verificada algumas das maiores contribuições deste trabalho. Grande parte da literatura especializada aborda a classe residencial de maneira condensada, impedindo o levantamento de informações importantes acerca desse tipo de UOTU, contudo aqui foi possível a identificação desses cinco níveis de detalhamento, definindo com clareza os elementos visuais atrelados a eles e demonstrando o quão diferentes elas são entre si.

Nota-se que a diferenciação entre as formas residenciais e as demais é intuitiva, por ser a morfologia urbana mais presente no espaço e ter representações visuais claras. Contudo, ao considerarmos as residências plurifamiliares em lotes privados, nos deparamos com elementos visuais similares às formas de serviço e comercial. Em regiões de grandes centros urbanos há a coexistência de prédios destinados à habitação e oferta de serviços, como financeiro e hotelaria, sendo difícil distinguir as classes apenas com base em dados de sensoriamento remoto, sendo necessárias informações colaterais.

Para a distinção entre uso e ocupação das classes 1.2 Comercial e Serviços em Lote Médio e 1.6 Residencial Plurifamiliar em Lote Privado, foi verificado que a utilização da composição de cor falsa RGB+NIR foi positiva na identificação e diferenciação. Sendo tipos de UOTU que muitas vezes coexistem ou apresentam estruturas semelhantes, a delimitação pode ser um desafio, contudo a composição dos telhados das respectivas classes tem resposta espectral diferente, na composição mencionada, em que a Classe 1.2 apresenta cores cinza e marrom, enquanto a Classe 1.6 tem coloração azul e branca, majoritariamente.

A **Classe 1.14 Equipamento Urbano** tem limitações quanto à identificação por meio da metodologia aqui empregada, sendo possível identificar apenas formas de porte grande dessa classe, como grandes parques urbanos. Formas pequenas ou médias muitas vezes apresentam vegetação densa, que recobre sua superfície e pode ser identificada equivocadamente como a Classe 1.16 Cobertura Vegetal, para que isso não aconteça é necessário o levantamento de informações colaterais em campo ou *Google StreetView*.

As **Classes 1.16 Cobertura Vegetal** e **1.17 Corpos Hídricos** têm ampla menção na literatura, assim sendo tratadas de maneira mais condensada. Com o nível de detalhamento aqui proposto, a classificação dessas superfícies acaba sendo mais intuitiva, sobretudo quando o estudo está sendo feito no espaço urbano, pela morfologia assumir elementos distintos daqueles pertencentes à morfologia de superfícies majoritariamente edificadas, como padrão aleatório e formas amorfas.

Quando consideramos as contribuições do sensoriamento remoto à classificação do UOTU, conclui-se que o avanço dos sensores aumentou consideravelmente as possibilidades de aplicações do URS, ampliando também a capacidade de aplicação para estudos visuais do espaço urbano. Aprimoramentos técnicos, sobretudo quanto à resolução espacial e espectral dos sensores, possibilitam a identificação mais clara dos elementos visuais das imagens de sensoriamento remoto, dentre os quais alguns são muito importantes na classificação do espaço urbano. Cor, tamanho, textura e forma foram alguns dos elementos que mais se beneficiaram com a evolução dos sensores remotos, embasando também a delimitação clara do sítio, situação e associação.

Acerca da utilização do satélite CBERs 04A, a câmera WPM mostrou ser eficiente para os estudos e classificação do espaço urbano, correspondendo às expectativas iniciais, já que suas especificações técnicas estavam de acordo com as demandas básicas reportadas na literatura. A análise combinada das composições de cor verdadeira (RBG), cor falsa (Azul, Verde, Vermelho e NIR) e imagem pancromática da câmera WPM auxilia na classificação da malha urbana de maneira complementar, em que cada composição favorece o levantamento de determinados elementos visuais. As composições coloridas auxiliaram no levantamento e distinção das cores (no caso das classes 1.1, 1.15, 1.16 e 1.17, a composição RGB foi suficiente para análise de todos os elementos) enquanto a imagem pancromática deu base à análise dos demais elementos visuais.

A composição das bandas 1, 2 e 3 (RGB) e 1, 2, 3 e 4 (RGB + NIR) auxiliaram tanto na identificação das classes, quanto na diferenciação de formas similares entre elas. Como exemplo, a utilização da composição RGB + NIR foi de suma importância para a diferenciação entre as residências unifamiliares em lote privado e o comércio e serviços em lote médio, uma vez que a resposta espectral das feições metálicas que compõem as estruturas comerciais é distinta da composição residencial unifamiliar, majoritariamente. Isso deu base para a distinção entre duas classes que, a princípio, têm objetos de textura, padrão, forma, sítio, situação e associação muito semelhantes.

A partir do exposto e dos resultados obtidos, nota-se que o desenvolvimento de um sistema de classificação UOTU, baseado em dados de sensoriamento remoto

e em alta escala de detalhamento, é a demonstração do potencial que sensores remotos têm de enaltecer as questões socioespaciais que permeiam os estudos da geografia urbana. O sistema aqui proposto apresenta eficácia e foi capaz de capturar as distintas morfologias urbanas, na escala de detalhamento proposta, havendo a possibilidade de expansão para mais um nível de detalhamento. Contudo, essa possibilidade iria demandar uma metodologia que vai além da análise visual de imagens de sensoriamento, uma vez que um terceiro nível de detalhamento demandaria informações colaterais para uma classificação correta. Então, a classificação baseada em elementos visuais é eficiente até determinado nível de detalhamento, como o abordado por este trabalho, de maneira que quanto mais detalhada a classificação, mais informações seriam necessárias.

7. Referências Bibliográficas

ANDERSON, J. R. . ET AL. **Sistema de classificação do uso da terra e do revestimento do solo para utilização com dados de sensores remotos**. 1. ed. Rio de Janeiro: SUPREN, 1979.

ARAUJO, A. S. DE. **Cobertura da terra intraurbana para inferências sobre a qualidade de vida na cidade de Marília / SP Cobertura da terra intraurbana para inferências sobre a qualidade de vida na cidade de Marília / SP Agnes Silva de Araujo**. [s.l.] Universidade de São Paulo, 2015.

ARAÚJO FILHO, M. D. C.; MENESES, P. R.; SANO, E. E. Sistema de classificação de uso e cobertura da terra com base na análise de imagens de satélite. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 59, n. 2, p. 171–179, 2007.

BARGOS, D. C.; MATIAS, L. F. Áreas Verdes Urbanas: um estudo de revisão e proposta conceitual. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Piracicaba: v. 6, n. 3, p. 172-188, 2011.

BESUSSI, E. et al. The Structure and Form of Urban Settlements. *In*: RASHED, T.; JÜRGENS, C. **Remote Sensing of Urban and Suburban Areas**. Estados Unidos: Springer, v. 10, cap. 2, p. 13-32, 2010.

CALDEIRA, T. P. DO R. Enclaves Fortificados: A Nova Segregação Urbana. **Novos Estudos CEBRAP**, n. 47, p. 155–176, 1997.

CÂMARA, G. A pesquisa espacial no Brasil: 50 anos de Inpe (1961-2011). **Revista USP**, v. 0, n. 89, p. 234, 2011.

CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. ed. rev. Campinas: Unicamp, 1992. 139 p.

CHOWDHURY, P. K.; BHADURI, B. L.; MCKEE, J. J. Estimating urban areas: New insights from very high-resolution human settlement data. **Remote Sensing Applications: Society and Environment**, v. 10, n. October 2017, p. 93–103, 2018.

CORRÊA, R. L. **O Espaço Urbano**. 1. ed. São Paulo: Ática, 1989.

DIAZ-PACHECO, J.; GUTIÉRREZ, J. Exploring the limitations of CORINE Land Cover for monitoring urban land-use dynamics in metropolitan areas. **Journal of Land Use Science**, v. 9, n. 3, p. 243–259, 2014.

ECO, U. **Como se Faz uma Tese**. 13. ed. São Paulo: Perspectiva, 1996. 169 p.

EMPLASA. **Relatório Técnico: Uso e Ocupação do Solo**. São Paulo: Emplasa. 2006.

FAGUNDES, C. DE A. **Análise do Uso da Terra Intraurbano na Cidade de Paulínia (SP): Uma Contribuição Teórico- Metodológica**. 2012, 155 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

FARIAS, F. O. de. **Mapeamento e análise da distribuição da infraestrutura urbana básica na cidade de Paulínia (SP)**. Campinas, 2009. Relatório de Iniciação Científica PIBIC/CNPq. Universidade de Campinas - Instituto de Geociências.

FUGATE, D. et al. A Survey of the Evolution of Remote Sensing Imaging Systems and Urban Remote Sensing Applications. *In*: RASHED, T.; JÜRGENS, C. **Remote Sensing of Urban and Suburban Areas**. Estados Unidos: Springer, 2010. v. 10, cap. 7, p. 119-140.

GUTMAN, G. et al. Assessment of the NASA-USGS Global Land Survey (GLS) datasets. **Remote Sensing of Environment**, v. 134, p. 249–265, 2013.

HEROLD, M.; ROBERTS, D. The Spectral Dimension in Urban Remote Sensing. *In*: RASHED, T.; JÜRGENS, C. **Remote Sensing of Urban and Suburban Areas**. Estados Unidos: Springer, 2010. v. 10, cap. 4, p. 47-65.

HEWITT, R.; ESCOBAR, F. The territorial dynamics of fast-growing regions: Unsustainable land use change and future policy challenges in Madrid, Spain. **Applied Geography**, v. 31, n. 2, p. 650–667, 2011.

HEYMANN, Y. **CORINE land cover: Technical guide**. 1. ed. Luxemburgo: European Comissions, 1994.

HUANG, B.; ZHAO, B.; SONG, Y. Urban land-use mapping using a deep convolutional neural network with high spatial resolution multispectral remote sensing imagery. **Remote Sensing of Environment**, v. 214, n. October 2017, p. 73–86, 2018.

IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2013.

INPE (São José dos Campos). **Câmeras Imageadoras CBERS 04A**. São José dos Campos, 6 dez. 2019. Disponível em: <http://www.cbbers.inpe.br/sobre/cameras/cbers04a.php>. Acesso em: 16 dez. 2020.

JENSEN, J. R. **Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective**. Inglaterra: Pearson, 2. ed., 2010.

JESUS, G. T. et al. Innovation path and contingencies in the China-Brazil Earth Resources Satellite program. **Acta Astronautica**, v. 178, n. August 2020, p. 382–391, 2021.

JØRGENSEN, P. S.; RIENECKER, L. Literature and Information Search for Your Paper. In: **A Handbook for Writing Papers in Higher Education**. 1. ed. Frederiksberg: Samfundslitteratur, 2013. p. 141–161.

KELLY, M.; ESTES, J. E.; KNIGHT, K. A. Image interpretation keys for validation of global land-cover data sets. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 65, n. 9, p. 1041–1049, 1999.

KROPF, K. Aspects of urban form. **Urban Morphology**, v. 13, n. 2, p. 105–120, 2009.

LAMAS, J. M. G. **Morfologia urbana e desenvolvimento da cidade**. 5. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

LEFEBVRE, H. **A Produção do Espaço**. 4. ed. Reino Unido: Blackwell, 2006.

LEONCIONI, S. Observações sobre o conceito de cidade e urbano. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, v. 0, n. 24, p. 109–123, 2008.

MA, L. et al. A review of supervised object-based land-cover image classification. **ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v. 130, p. 277–293, 2017.

MANAKOS, I.; LAVENDER, S. **Land Use and Land Cover Mapping in Europe Practices & Trends**. Londres: Springer, 2014. v. 18

MASSEY, D. **Pelo Espaço: uma nova política da espacialidade**. 1. ed. São Paulo: Bertrand Brasil, 2004. 312 p.

MATIAS, L. F. **Sistema de Informações Geográficas (SIG): Teoria e Método para Representação do Espaço Geográfico**. 2001, 325 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

MATIAS, L. F. Sistema de Informações Geográficas (SIG): ainda a questão de método. **GEOUSP: Espaço e Tempo (Online)**, v. 13, p. 21–33, 2003.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. DE. **Introdução ao processamento de imagem de**

sensoriamento remoto. 1. ed. Brasília: Cnpq/Unb, 2012.

MONTEIRO, C. L. S. **Proposta de classificação do uso e da cobertura da terra e sua representação cartográfica na escala 1:10.000**. 2008, 128 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2008.

MÜLLER, D.; MUNROE, D. K. Current and future challenges in land-use science. **Journal of Land Use Science**, v. 9, n. 2, p. 133–142, 2014.

NETZBAND, M.; JÜRGENS, C. Urban and Suburban Areas as a Research Topic for Remote Sensing. *In*: RASHED, T.; JÜRGENS, C. **Remote Sensing of Urban and Suburban Areas**. Estados Unidos: Springer, 2010. v. 10, cap. 1, p. 1-13.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto: Princípios e Aplicações**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2008. 308 p.

NOVO, E. M. L. DE M.; PONZONI, F. J. Introdução ao Sensoriamento Remoto (INPE). p. 68, 2001.

PNAD. **Pesquisa Nacional por Amostra de domicílios - Síntese de Indicadores 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, 2015.

PREFEITURA MUNICIPAL DE CAMPINAS. **Proposta Para Revisão Participativa da Lei De Uso E Ocupação Do Solo** Campinas Secretaria Municipal de Planejamento e Desenvolvimento Urbano, , 2015.

RIBEIRO, B. M. G.; KUX, H. J. H. Classificação Orientada a Objeto para Mapeamento do Uso do Solo – Métodos de Análise de Expansão Urbana. **Anais do XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, n. May 2014, p. 7893–7900, 2009.

RIEGEL, R. P. ET AL. Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ Classification of Land Use and Occupancy with Emphasis on Urban Areas Classificação do Uso e Ocupação do Solo com Ênfase em Áreas Urbanas. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 42–3, p. 377–386, 2019.

ROGAN, J.; CHEN, D. M. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. **Progress in Planning**, v. 61, n. 4, p. 301–325, 2004.

SANTOS, M. **Espaço e Método**. 1. ed. São Paulo: Edusp, 1985.

SANTOS, M. **A Urbanização Brasileira**. 1. ed. São Paulo: HUCITEC, 1993.

SANTOS, M. **Técnica, Espaço e Tempo: Globalização e Meio Técnico-Científico Informacional**. 5. ed. São Paulo: Edusp, 2013.

SANTOS, M.; SOUZA, M. A. A. DE.; SILVEIRA, M. L. **Território: Globalização e Fragmentação**. 4. ed. São Paulo: HUCITEC, 1998.

SINGER, P. O uso do solo urbano na economia capitalista. **Boletim Paulista de**

Geografia, v. 57, p. 77–92, 1980.

SLIUZAS, R. et al. The Spatial and Temporal Nature of Urban Objects *In*: RASHED, T.; JÜRGENS, C. **Remote Sensing of Urban and Suburban Areas**. Estados Unidos: Springer, 2010. v. 10, cap. 5, p. 67-84.

SMITH, A. **A Riqueza das Nações**. [s.l.] Nova Cultural Ltda, 1996.

SPOSITO, M. E. B. **Capitalismo e Urbanização**. 1. ed. São Paulo: Contexto, 2000.

STEFANOV, W. L.; NETZBAND, M. Characterization and Monitoring of Urban/Peri-urban Ecological Function *In*: RASHED, T.; JÜRGENS, C. **Remote Sensing of Urban and Suburban Areas**. Estados Unidos: Springer, 2010. v. 10, cap. 12, p. 219-244.

SUZIGAN, W. Estado e Industrialização no Brasil. **Revista de Economia Política**, v. 8, n. 4, p. 5–16, 1988.

TERAMATSU, G. H. B. Mapeamento do Uso Atual da Terra na Região Metropolitana da Baixada Santista. 2012, 86 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

VILLAÇA, F. **Uso do Solo Urbano**. 1. ed. São Paulo: Fundação Prefeito Faria Lima, 1978.

YAN, W. Y. *et al.* Urban land cover classification using airborne LiDAR data: A review. **Remote Sensing of the Environment**, [S. l.], v. 158, p. 295-310, 1 mar. 2015. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0034425714004374>. Acesso em: 10 jan. 2021.






ANEXOS

I - Sistema de Classificação da Terra Urbana (FARIAS, 2009)

NÍVEL III	NÍVEL IV	NÍVEL V
UNIDADE	SUBUNIDADE	ATIVIDADE
1.1.4 Cidades, vilas	1.1.4.1 Residencial	1.1.4.1.1 Unifamiliar
		1.1.4.1.2 Plurifamiliar
		1.1.4.1.3 Condomínio horizontal
		1.1.4.1.4 Condomínio vertical
	1.1.4.2 Comercial	1.1.4.2.1 Loja/Farmácia
		1.1.4.2.2 mercearia/Mercado
		1.1.4.2.3 Supermercado
		1.1.4.2.4 Bar/Restaurante/Padaria
		1.1.4.2.5 Shopping
		1.1.4.2.6 Posto combustível
		1.1.4.2.7 Outros
	1.1.4.3 Serviço	1.1.4.3.1 Educação (Público)
		1.1.4.3.2 Educação (Privado)
		1.1.4.3.3 Saúde (Público)
		1.1.4.3.4 Saúde (Privado)
		1.1.4.3.5 Lazer/Recreação (Público)
		1.1.4.3.6 Lazer/Recreação (Privado)
		1.1.4.3.7 Promoção e assistência social (Público)
		1.1.4.3.8 Promoção e assistência social (Privado)
		1.1.4.3.9 Segurança pública
		1.1.4.3.10 Segurança privada
		1.1.4.3.11 Institucional (Executivo, Judiciário, Legislativo)
		1.1.4.3.12 Hotelaria
		1.1.4.3.13 Profissional liberal
		1.1.4.3.14 Oficinas
		1.1.4.3.15 Estabelecimentos religiosos (Igrejas, Templos etc.)
		1.1.4.3.16 Telecomunicações (antenas de celular, rádio, televisão etc.)
		1.1.4.3.17 Rádio, TV, Jornal etc.
		1.1.4.3.18 Outros
	1.1.4.4 Industrial	1.1.4.4.1 Pequeno porte
		1.1.4.4.2 Médio porte
		1.1.4.4.3 Grande porte
	1.1.4.5 Misto	1.1.4.5.1 Residencial + Comercial
		1.1.4.5.2 Residencial + Serviço
		1.1.4.5.3 Comercial + Serviço
		1.1.4.5.4 Outros
	1.1.4.6 Equipamento	1.1.4.6.1 Praça
		1.1.4.6.2 Parque
		1.1.4.6.3 Jardim
	1.1.4.7 Lote Desocupado	1.1.4.7.1 Lote vazio
		1.1.4.7.2 Lote abandonado
	1.1.4.8 Vazio Urbano	1.1.4.8.1 Terreno baldio
		1.1.4.8.2 Terreno "descharacterizado"
		1.1.4.8.3 Outros
	1.1.4.9 Chácara	1.1.4.9.1 Horta
		1.1.4.9.2 Granja
		1.1.4.9.3 Pomar
		1.1.4.9.4 Recreio
	1.1.4.10 Cemitério	1.1.4.10.1 Público
		1.1.4.10.2 Privado
	1.1.4.11 Aeroporto	1.1.4.11.1 Aeroporto
		1.1.4.11.2 Campo de aviação
		1.1.4.11.3 Aero clube
	1.1.4.12 Via de Circulação	1.1.4.12.1 Avenida ou rua pavimentada
		1.1.4.12.2 Avenida ou rua não pavimentada
		1.1.4.12.3 Estrada ou rodovia pavimentada
1.1.4.12.4 Estrada ou rodovia não pavimentada		
1.1.4.12.5 Ferrovia		
1.1.4.12.6 Outros		
1.1.4.13 Área verde	1.1.4.13.1 Pública	
	1.1.4.13.2 Privada	
1.1.4.14 Corpo d'água	1.1.4.14.1 Natural	
	1.1.4.14.2 Artificial	
1.1.4.15 Solo Exposto	1.1.4.15.1 Atividade minerária	
	1.1.4.15.2 Atividade de terraplenagem	
	1.1.4.15.3 Processo erosivo: natural ou induzido	
	1.1.4.15.4 Aterro sanitário	
	1.1.4.15.5 Lixão	
	1.1.4.15.6 Outros	

Fonte: Fagundes (2012).

II - Sistema de Classificação de Uso e Ocupação da Terra Urbana

Classes		Elementos Visuais								C Ó D.	Cor de Representação (RGB)
		Cor		Tamanho	Textura	Padrão	Forma	Sombra	Sítio, Situação e Associação		
		RGB	RGB NIR								
Área Urbana	Área Agrícola Urbana	Verde ou Marrom	×	Médio ou Grande	Lisa	Sistemático	Linear, Quadrada Lisa ou oval	Não	Presença de solo exposto e áreas de cultivo, inserida em regiões periféricas da malha urbana.	1.1	 C5E0B4
	Comercial e Serviços em Lote Médio	Branca, Cinza e Marrom	Branca, Cinza e Marrom	Médio	Intermediária	Sistemático	Retangular	Sim	Estruturas similares, em área de fácil acesso, que são maiores e com telhados diferentes das casas de entorno.	1.2	 C00000
	Comercial e Serviços em Lote Grande	Branca e Cinza	Cinza e Marrom	Grande	Intermediária	Sistemático	Retangular, Quadrada, Circular ou Elíptica	Sim	Grandes centros de compras ou de serviços, composto por muitas estruturas, com grande estacionamento e fácil acesso.	1.3	 FC9E9E
	Industrial	Branco e Cinza	Branco e Cinza	Grande	Mista	Aleatório	Retangular	Sim	Áreas grandes e bem demarcadas, com estruturas grandes dispersas e espaçadas, estacionamento e próximo a áreas residenciais.	1.4	 94888D
	Mineração	Cinza e Marrom Claro	Azul Claro e Marrom Escuro	Grande	Rugosa	Aleatório	Amorfa	Sim	Áreas com solo exposto em níveis (escavação), com estabelecimentos pequenos nos limites, maquinário visível. Inserido em áreas periféricas.	1.5	 000000

Residencial Plurifamiliar em Lote Privado	Cinza	Azul Escuro e Preto	Médio	Rugosa	Sistemático	Quadrada	Sim	Prédios com grandes sombras, em quadras cortadas por malha viária, sem padrão estabelecido, com telhados heterogêneos.	1.6	 FFC000
Residencial Plurifamiliar em Condomínio Fechado	Laranja e Cinza	Azul Escuro e Preto	Médio	Intermediária	Sistemático	Quadrados e Retangulares	Sim	Conjuntos de prédios, em área cercada por muros, tendo entrada unificada, com edificações que seguem um mesmo padrão estrutural e de telhado.	1.7	 BF9000
Residencial Plurifamiliar Informal	Cinza e Marrom Clara	Azul, Branca e Preta	Pequeno	Rugosa	Aleatório	Amorfas	Não	Lotes pequenos em zonas periféricas, com predominância de vias de terra e telhados cinzas (RGB)	1.8	 FFE699
Residencial Unifamiliar em Lote Privado	Laranja	Azul	Pequeno	Rugosa	Sistemático	Retangulares ou Lineares	Não	Conjunto de casas distribuídas em quadras e cortadas por malha viária.	1.9	 A9D18E
Residencial Unifamiliar em Condomínio Fechado	Branca e Laranja	Azul e Branca	Pequeno	Mista	Aleatório	Retangular e Linear	Não	Conjunto de casas, distribuídas espaçadamente em área delimitada por muros, com entrada unificada e pavimentada.	1.10	 70AD47
Malha Viária	Cinza	✕	Médio	Lisa	Sistemático	Linear ou Circular	Não	Concreto disposto em áreas bem definidas, ou solo exposto linear, compondo malhas viárias.	1.11	 D9D9D9
Aeroporto	Cinza e Branca	Azul, Branca e Cinza	Grande	Mista	Sistemático	Retangular	Sim	Grandes estruturas dispostas ao lado de uma grande pista, de fácil acesso e com aviões na área.	1.12	 7030A0

	Cemitério	Marrom Clara	Azul e Branca	Muito Pequenos	Rugosa	Sistemático	Pontilhada	Não	Área com vegetação rasteira ou solo exposto, com objetos muito pequenos e poucos estabelecimentos na área.	1.13	 C28ABA
	Equipamento Urbano	Branca e Verde	Branca e Preta	Médio ou Grande	Mista	Aleatório	Aleatória	Não	Parques em áreas residenciais, com lagos, vias de caminhada e pequenos estabelecimentos.	1.14	 416529
	Lote Desocupado	Marrom ou Verde	×	Variante	Intermediária	Sistemático	Quadrada ou Retangular	Não	Superfícies que rompem com o padrão do seu entorno, com acesso por malha viária, recoberta por vegetação baixa ou solo exposto.	1.15	 FFFFFF
	Cobertura Vegetal	Verde	×	Variante	Rugosa	Aleatório	Amorfa	Sim	Superfícies com vegetação média ou baixa, sem padrão de distribuição definido e ausência de construções em sua área.	1.16	 00B050
	Corpos Hídricos	Verde Escuro ou Preto	×	Variante	Lisa	Aleatório	Amorfa	Não	Superfícies lisas, envoltas por vegetação ou solo exposto.	1.17	 0070C0

