



UnB

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**USO DA MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO E DE SUPERFÍCIE
PARA A ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE VERTICALIZAÇÃO NA
REGIÃO DO CAMPO DE MARTE (SP)**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Priscila Câmara de Araújo

**Brasília – DF
Dezembro/ 2015**



UnB

**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**

**USO DA MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO E DE SUPERFÍCIE
PARA A ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE VERTICALIZAÇÃO NA
REGIÃO DO CAMPO DE MARTE (SP)**

Priscila Câmara de Araújo

Orientador

Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior

Co-orientador

Prof. Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Banca examinadora

Prof. Dra. Noris Costa Diniz

Prof. Dra. Potira Meirelles Hermuche

Brasília

2015

PRISCILA CÂMARA DE ARAÚJO

USO DA MODELAGEM DIGITAL DE TERRENO E DE SUPERFÍCIE PARA A ESTIMATIVA DO POTENCIAL DE VERTICALIZAÇÃO NA REGIÃO DO CAMPO DE MARTE (SP).

Dissertação de Mestrado submetida ao Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Geografia, área de concentração Gestão Ambiental e Territorial, opção Acadêmica.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior

CO-ORIENTADOR: Prof. Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes

Brasília-DF, 18 de dezembro de 2015

FICHA CATALOGRÁFICA

ARAÚJO, PRISCILA CÂMARA DE
Uso da Modelagem Digital de Terreno e de Superfície para a Estimativa do
Potencial de Verticalização na Região do Campo de Marte (SP). 40p. (UnB-IH-
GEA-LSIE, Mestrado, Gestão Ambiental e Territorial, 2015).
Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Departamento de Geografia
I. UnB-IH-GEA-LSIE

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
LABORATÓRIO DE SISTEMAS DE INFORMAÇÕES ESPACIAIS

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação e emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.

Priscila Câmara de Araújo

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus e Nossa Senhora por iluminarem minha mente e meu coração para as coisas do alto, para que eu jamais esqueça que fé e razão complementam-se para o amadurecimento do homem em busca da verdade.

Aos meus pais, Wellington e Rosa, por ensinarem que a família é base e fortaleza, o tesouro mais importante da vida na Terra; ao meu irmão Thiago Matheus, por ser meu melhor amigo.

Ao Diego Queiroz, por ser a minha dupla.

Aos Professores. Dr. Osmar Abílio de Carvalho Júnior e Dr. Roberto Arnaldo Trancoso Gomes, pela dedicada orientação, sem a qual não seria possível realizar este trabalho, e por todo o entusiasmo, incentivo, paciência e confiança ao longo de todos esses anos de trabalho em conjunto. Obrigada por aceitarem a missão de me ajudar a conduzir essa empreitada com carinho e entusiasmo e sempre serem um sinal de esperança nessa caminhada.

Às queridas Argélica, Gabriela, Nathália e Wilma, colegas de trabalho do LSIE e amigas para toda a vida, pela amizade, carinho, risadas, conselhos acadêmicos e pessoais.

A CAPES pela bolsa de estudos a mim concedida. Sem esse apoio a realização deste trabalho seria muito mais difícil.

A todos que ajudaram na realização deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

“No mundo haveis de ter aflições. Coragem! Eu venci o mundo.”

Jesus Cristo, Evangelho Segundo São João, capítulo 16, versículo 33.

RESUMO

ARAUJO, P. C. **Uso da Modelagem Digital de Terreno e de Superfície para a Estimativa do Potencial de Verticalização na Região do Campo de Marte (SP)**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

O planejamento da ordenação territorial é imprescindível para o crescimento das cidades. Os Planos Diretores têm papel fundamental no estabelecimento de diretrizes para ocupação dos espaços. A implantação do Trem de Alta Velocidade brasileiro aumenta as possibilidades de relações entre centros urbanos e impacta a ordenação do território, especialmente as áreas de implantação das estações. Nesse sentido, a modelagem digital torna-se uma ferramenta importante no planejamento da ocupação dos terrenos, tendo em vista que os Modelos Digitais de Terreno (MDT) e os Modelos Digitais de Superfície (MDS) fornecem informações do terreno e dos elementos sobre a superfície. Para o desenvolvimento deste trabalho, foi escolhida a região do Campo de Marte (SP), uma das regiões previstas para implantação de uma estação do TAV Brasil, com o objetivo de testar uma metodologia de trabalho que auxilie na estimativa das potencialidades de verticalização em torno da estação, modelando uma simulação de mudança de gabarito na área. Utilizando ortofotos e o MDS produzidos em 2010/2011, pela Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (Emplasa) e, disponibilizados pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL) do governo federal, foi feito o mapeamento das ruas e edificações da área de influência indireta do Campo de Marte e a construção do MDT. Foi calculado o volume de ocupação atual da área pela diferença dos valores de elevação obtidos pelo MDS e MDT para dentro da área da estrutura predial multiplicado pela área desta estrutura. Os resultados obtidos foram a classificação das edificações atuais e a verificação de que a área de estudo ainda possui um grande potencial de verticalização permitido pelo plano diretor (cerca 5 milhões de metros cúbicos).

PALAVRAS-CHAVE: Plano Diretor, verticalização, trem de alta velocidade, MDT, MDS

ABSTRACT

ARAUJO, P. C. ARAUJO, P. C. **Use of Digital Terrain and Surface Modeling to Estimate the Vertical Expansion Potencial in the Campo de Marte (SP)**. 2015. Dissertation (MS) - Institute of Human Sciences, Department of Geography, University of Brasília, Brasília, 2015.

The growth of cities is dynamic and constant and is essential to planning the territorial ordination. The Directive Plans play a fundamental role in the establishment of guidelines and strategies for the space occupation. The implementation of the brazilian High Speed Train increase the chance of relations between urban centers and impacts land use planning. In this sense, digital modeling becomes an important tool in planning the occupation of the land, given that the Digital Terrain Models (DTM) and the Surface Digital Models (MDS) provide the land information and evidence on the surface .To develop this work, it was chosen the region of Campo de Marte (SP), one of the areas provided for implementation of a station TAV Brazil, aiming to predict the potential for occupation around the station. Using orthophotos and MDS produced in 2010/2011 by the Paulista Company of Metropolitan Planning (Emplasa) and made available by the federal government Company for Planning and Logistics (EPL), has done the mapping of streets and buildings in the area of indirect influence of the Campo de Marte and the construction of the MDT. We calculated the volume of the current occupation of the area by the difference in elevation values obtained by MDS and MDT and into the area of the building structure multiplied by the area of this structure. The results were the classification of current buildings and verification that the study area still has great potential for vertical expansion allowed by the directiver plan (about 5 million cubic meters), and when simulated (to a height of 87 meters) the triples value.

KEYWORDS: Directive Plan, vertical expansion, high-speed train, MDT, MDS

SUMÁRIO

Índice de Figuras	8
1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO TEÓRICA	10
2.1 A verticalização das cidades	10
2.2. Plano diretor estratégico do município de São Paulo	11
2.3. O transporte entre polos urbanos e o trem de alta velocidade	13
2.4. Impactos da implantação de TAV.....	15
2.5. Modelo Digital de Terreno e Modelo Digital de Superfície	17
4. MATERIAIS E MÉTODOS	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

Índice de Figuras

Figura 1: Macrozonas e Macroáreas. Fonte: Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. 2014..... 12

Figura 2: comparativo entre um MDS e um MDT. Fonte: <http://www.globalgeo.com.br>. 2015 19

Figura 3: localização das estações de TAV ao longo do trecho RJ-SP. Fonte: Site EPL - <http://www.epl.gov.br/tav> (2015)..... 20

Figura 4: Localização do Campo de Marte. A) Município de São Paulo com a região do Campo de marte ao norte. B) Localização do município de São Paulo dentro do estado de SP. 21

Figura 5: Localização do Aeroporto Campo de Marte - SP. Fonte: Google Maps, 2015. 22

Figura 6: Imagem de Satélite da área de Estudo. Campo de Marte - SP. Fonte: Google Maps, 2015.23

Figura 7: Modelo Digital de Superfície e região do Campo de Marte (em vermelho)..... 24

Figura 8: Ortofoto e região do Campo de Marte (em vermelho). 25

Figura 9: Sobreposição do *shape* de edificações convertido em kmz à imagem do Google Earth. 26

Figura 10: Detalhe da utilização do Google Street View. 27

Figura 11: Google Street View. 27

Figura 12: Google Street View. 28

Figura 13: Detalhe do mapeamento feito para todas as ruas da área de estudo..... 29

Figura 14: Mapeamento das edificações da área de influência indireta do Campo de Marte..... 30

Figura 15: Número de pavimentos por edificações da área de influência indireta do Campo de Marte. 31

Figura 16: Visualização em 3D do número de pavimentos por edificações da área de influência indireta do Campo de Marte. 32

Figura 17: Modelo Digital de Superfície da área de influência indireta do Campo de Marte. 32

Figura 18: Modelo Digital de Terreno da área de influência indireta do Campo de Marte. 33

1. INTRODUÇÃO

O modo de ocupação do espaço urbano é um produto complexo, resultante de interações entre elementos de ordem física e social. Aspectos econômicos, políticos, sociais e ambientais interagem no processo de uso e ocupação do solo.

De modo geral, desenvolvimento urbano é um processo intenso e desordenado que acarreta a insustentabilidade das cidades. A boa gestão ambiental e territorial requer estudos e projetos que embasem o planejamento urbano estratégico, o qual será norteado pelos princípios de desenvolvimento sustentável (NUNES, 2011).

O planejamento é importante na definição de programas e metas que embasarão os planos diretores das cidades. Estes, por sua vez, estabelecem a legislação que norteará a execução dos projetos no espaço urbano. Dessa forma, a cidade desenvolve melhor suas potencialidades: ambientes habitacionais e de lazer adequados, áreas verdes, bem como geração de empregos com áreas comerciais e empresariais.

Os centros urbanos são dinâmicos e se expandem constantemente, o que implica na ocupação de extensas áreas de vegetação natural. Tal expansão se dá com retirada de vegetação natural e conseqüente alteração de paisagens e ecossistemas naturais. Uma alternativa satisfatória do ponto de vista ambiental é a ocupação por adensamento. Segundo SOUZA (1994), “a verticalização representa um fantástico processo de produção do espaço, e produzir cidades é um grande negócio”.

Além da produção de espaço em si, “produzir cidades” envolve questões relacionadas à mobilidade urbana e rede de transportes, como estruturação de vias, estações, pontos e terminais, tendo em vista que o deslocamento de pessoas e as cadeias de produção, comércio e de serviços dependem dos sistemas de transportes.

Dessa forma, o desenvolvimento da cidade também está relacionado ao desenvolvimento de polos vizinhos. Esse fenômeno cria eixos territoriais de intensa atividade econômica, comercial e populacional, além de expressivas interações espaciais resultantes da movimentação financeira, comercial, de pessoas e de informações (SILVEIRA, 2013).

O fomento do desenvolvimento das cidades via integração econômica depende de um sistema de transportes eficiente que proporcione a conectividade entre diversos polos urbanos. Os meios de transporte principais são o rodoviário, aeroviário, hidroviário e ferroviário, de modo que a escolha entre eles dependerá da região, da distância a ser percorrida e do objetivo almejado: locomoção de passageiros, transportes de cargas e produtos, volume de carga a ser transportada, dentre outros (SOARES *et. al.*, 2011).

Tendo em vista as potencialidades do Brasil e a experiência internacional, bem como a necessidade de ampliação da rede de transportes, a tecnologia de Trem de Alta Velocidade aparece como alternativa satisfatória aos modais tradicionais. NAKAMOTO (2012) descreve como qualidades da implantação de trens de alta velocidade: maior velocidade e comodidade com menor impacto ambiental em relação a sua construção, além de questões mais simples, relacionadas à pontualidade

de chegada e saída, facilidade e rapidez de embarque e desembarque e a possibilidade uso de equipamentos eletrônicos durante o trajeto, como os computadores e celulares, além de percorrerem longas distâncias em menor tempo.

Um dos impactos da implantação de estações de trens de alta velocidade em diversos lugares do mundo tem relação com a valorização de terrenos e aumento de demanda imobiliária (SANDS, 1993; RIETVELD, 2001; NAKAMOTO, 2012; SAMOR, 2013;), o que torna necessário fazer uma estimativa acerca das potencialidades de uso da terra nas áreas afetadas pelo empreendimento.

O objetivo geral deste trabalho é testar uma metodologia de estimação das potencialidades de verticalização de uma região com o uso de Modelos Digitais de Terreno e de Superfície, a fim de otimizar as análises urbanas. O objetivo específico é estimar as potencialidades de verticalização da área urbana em torno de uma das estações que estão previstas no projeto do Trem de Alta Velocidade Brasileiro, considerando o crescimento da cidade em termos imobiliários, modelando uma alteração na altura das edificações existentes na área de acordo com o gabarito definido pelo Plano Diretor.

2. REVISÃO TEÓRICA

2.1 A verticalização das cidades

A implantação de um grande empreendimento na cidade tem consequências, sendo uma delas o aumento da demanda por espaço: habitacional, comercial, institucional, dentre outras. Nesse sentido, é fundamental o estabelecimento de diretrizes para aproveitamento do espaço urbano a fim de multiplicar a oferta de habitações sem que haja a necessidade de expansão da área urbana em detrimento das áreas de vegetação natural.

No processo de produção e reprodução do espaço urbano, ocorre inicialmente a expansão física-territorial, a qual utiliza terras de uso rural transferindo estas para o uso urbano, em geral via loteamentos. Posteriormente, a falta de espaço horizontal torna necessária a busca de novas estratégias de crescimento urbano, como a verticalização. O crescimento quantitativo e espacial vertical apresenta características que alteram a paisagem urbana e o modo de viver nas cidades à medida que se desenvolve (TÖWS & MENDES, 2008). Nesse sentido, o adensamento por verticalização potencializa a ocupação do uso da terra, apresentando uma solução para a produção e reprodução do espaço (SILVA, 2008).

RAMIREZ (1997) define a verticalização como sendo a criação de novos “solos” ou “novos espaços” de forma sobreposta, em andares múltiplos, possibilitando a oferta de maiores contingentes populacionais do que seria possível em habitações horizontais e, conseqüentemente, valorizar áreas urbanas por meio do aumento potencial de aproveitamento da área. Essa multiplicação efetiva do espaço urbano com a criação de solos superpostos foi possibilitada não somente pela modernização de técnicas de construção civil, mas também, pelo desenvolvimento e uso do elevador (MACEDO,

1987; SOMEKH, 1997). A verticalização potencializa o aproveitamento do espaço, gerando grande aumento da densidade demográfica (TOWS, 2007).

A produção de edifícios articula-se pela associação da técnica de construir com os agentes interessados nessa produção de espaço. Porém, essa articulação se modifica ao longo do tempo, à medida que surgem novos aspectos no contexto da urbanização e se criam novas necessidades. É justamente essa dinâmica de variação das necessidades que vai configurar os diferentes períodos do processo de verticalização ao longo do desenvolvimento da cidade. (SOUZA, 1994).

2.2. Plano diretor estratégico do município de São Paulo

A Constituição Federal de 1988, em seus artigos 182 e 183, estabeleceu diretrizes da política urbana nacional, cuja regulamentação foi dada posteriormente pela Lei 10.257, de 10 de julho de 2001, denominada Estatuto da Cidade. Esta lei federal estabelece diretrizes gerais da política urbana, define função social da cidade e da propriedade e estabelece instrumentos de planejamento e gestão urbana para os municípios, como o Plano Diretor Estratégico (Estatuto da Cidade, 2001).

A Lei 16.050/2014 instituiu o Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo e traz um amplo conjunto de diretrizes, estratégias e medidas para ordenar a transformação da cidade. Em seu artigo 8º temos que:

Art. 8º *Para garantir um desenvolvimento urbano sustentável e equilibrado entre as várias visões existentes no Município sobre seu futuro, o Plano Diretor observa e considera, em sua estratégia de ordenamento territorial, as seguintes cinco dimensões:*

I - *a dimensão social, fundamental para garantir os direitos sociais para todos os cidadãos, em especial, o direito à moradia, à mobilidade, à infraestrutura básica e ao acesso aos equipamentos sociais;*

II - *a dimensão ambiental, fundamental para garantir o necessário equilíbrio entre as áreas edificadas e os espaços livres e verdes no interior da área urbanizada e entre esta e as áreas preservadas e protegidas no conjunto do Município;*

III - *a dimensão imobiliária, fundamental para garantir a produção dos edifícios destinados à moradia e ao trabalho;*

IV - *a dimensão econômica, fundamental para garantir as atividades produtivas, comerciais e/ou de serviços indispensáveis para gerar trabalho e renda;*

V - *a dimensão cultural, fundamental para garantir a memória, a identidade e os espaços culturais e criativos, essenciais para a vida das cidadãs e dos cidadãos.*

O Plano Diretor de São Paulo divide o município de forma a organizar a estruturação da ordenação territorial: uma macrozona de estruturação e qualificação urbana, e uma macrozona de proteção e recuperação ambiental. Cada macrozona está dividida em macroáreas que orientam, ao nível do território, os objetivos específicos de desenvolvimento urbano e a aplicação dos instrumentos urbanísticos e ambientais. Ainda, determina a forma de zoneamento do município dividindo-o em áreas relevantes às seguintes dimensões: social, ambiental, imobiliária, econômica e cultural (Plano Diretor Estratégico – SP, 2014).

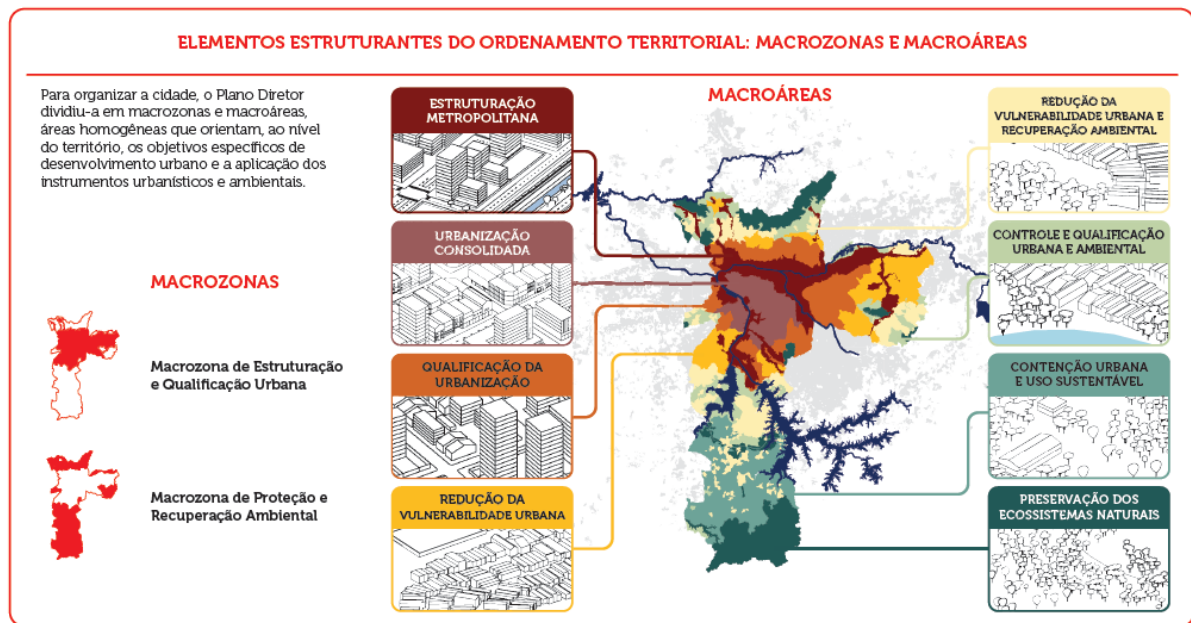


Figura 1: Macrozonas e Macroáreas. Fonte: Plano Diretor Estratégico do Município de São Paulo. 2014.

A Lei 16.050/2014 estabelece diretrizes para regulamentação de parcelamento, uso e ocupação da terra e da paisagem urbana e classifica os usos e atividades do solo:

Art. 30. A legislação de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo deverá classificar o uso do solo em:

- I - residencial, que envolve a moradia de um indivíduo ou grupo de indivíduos;
- II - não residencial, que envolve:
 - a) atividades comerciais;
 - b) de serviços;
 - c) industriais; e
 - d) institucionais.

A Seção VIII do PDE trata dos eixos de estruturação da transformação urbana, e o Art. 75 determina que sejam definidos pelos elementos estruturais dos sistemas de transporte coletivo de média e alta capacidades existentes e planejados, determinando áreas de influência potencialmente aptas ao adensamento construtivo e populacional e ao uso misto entre usos residenciais e não residenciais.

O Plano Diretor define limites máximos de altura de edifícios e limites de adensamento construtivo (Tabela 1), regulamentando a verticalização a fim de controlar o processo de construção da cidade, garantindo a preservação da qualidade de vida nos bairros (Plano Diretor Estratégico – SP, 2014). Segue abaixo tabela retirada do PDE – SP, com a regulamentação dos limites supracitados.

Tabela 1: Características de aproveitamento construtivo por Macroárea. Fonte: Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo. 2014

Macrozonas	Macroáreas (a)	Coeficiente de aproveitamento			Gabarito da edificação (m)	Número máximo de pavimentos
		Mínimo	Básico	Máximo (b) (c) (d)		
Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana	Arco Tietê	0,5 (e)	1	2	28	Térreo mais 8
	Centro	0,5 (e)	1	2	28	Térreo mais 8
	Arco Jurubatuba	0,5 (e)	1	2	28	Térreo mais 8
	Arco Pinheiros	0,5 (e)	1	2	28	Térreo mais 8
	Arco Tamanduateí	0,5 (e)	1	2	28	Térreo mais 8
	Faria Lima / Águas Espraiadas /Chucri Zaidan	0,5 (e)	1	2	28	Térreo mais 8
	Arco Jacu-Pêssego	0,5 (e)	1	2	28	Térreo mais 8
	Avenida Cupecê	0,5 (e)	1	2	28	Térreo mais 8
	Arco Leste	0,3	1	2	28	Térreo mais 8
	Noroeste	0,3	1	2	28	Térreo mais 8
	Fernão Dias	0,3	1	2	28	Térreo mais 8
	Macroárea de Urbanização Consolidada	0,3	1	2	28	Térreo mais 8
	Macroárea de Qualificação da Urbanização	0,3	1	2	28	Térreo mais 8
	Macroárea de redução da Vulnerabilidade Urbana	0,3	1	2	28	Térreo mais 8
Macrozona de Proteção e Recuperação Ambiental (f)	Fora da área de proteção aos mananciais	Macroárea de Redução da Vulnerabilidade Urbana e Recuperação Ambiental			15	Térreo mais 4
		Macroárea de Controle e Qualificação Urbana e Ambiental			15	Térreo mais 4
		Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais			NA	NA
	Área de proteção aos mananciais (f)	(VETADO)				
		(VETADO)				
		Macroárea de Contenção Urbana e Uso Sustentável			15 (g)	NA
	Macroárea de Preservação de Ecossistemas Naturais			NA	NA	

2.3. O transporte entre polos urbanos e o trem de alta velocidade

O panorama da logística dos meios de transporte interestaduais no Brasil desenha-se em torno de quatro modais principais: ferroviário, aeroviário, hidroviário e rodoviário, sendo este último o mais expressivo, com uma rede de vias pavimentadas que atinge todo o território nacional. As rodovias destinam-se principalmente ao transporte de passageiros e de cargas de produtos e mercadorias acabados e semiacabados; o modal aeroviário é empregado no transporte de passageiros e de cargas menores e de alto valor unitário; as hidrovias transportam principalmente mercadorias volumosas e pesadas; já o modal ferroviário é pouco expressivo devido à falta de investimentos, tendo seu uso restrito ao deslocamento de cargas muito pesadas, como minérios, carvão mineral, cereais à granel e derivados de petróleo (RIBEIRO & FERREIRA, 2002).

Nos locais onde há investimento nos meios de transporte ferroviário, este se apresenta mais confortável e conveniente em comparação com o transporte aéreo, tendo em vista que os passageiros podem utilizar seus aparelhos eletrônicos portáteis ao longo da viagem, fazer suas refeições à mesa de um vagão-restaurant e contar com operações de embarque e desembarque mais simples e rápido. Além disso, as frequências de viagens são menos sujeitas as condições climáticas do que a aviação (LACERDA, 2008).

Os trens de alta velocidade modificam as relações entre tempo e espaço, proporcionando interações maiores entre diferentes polos urbanos e municípios, de forma que cidades afastadas

transformam-se em bairros da capital. Consequentemente, ocorrem mudanças na dinâmica de uso e valorização da terra nas áreas afetadas e beneficiadas pela nova tecnologia (LACERDA, 2008).

A União Europeia, por meio da Diretiva 96/48 (Comissão Européia, 1996a), estabelece parâmetros de velocidade para trens de acordo com a capacidade das estruturas: 250 km/h para linhas novas e 200 km/h para linhas reformadas. Entretanto, outros elementos são tão ou mais importantes do que a velocidade em si na análise global do trem de alta velocidade como modo de transporte e desenvolvimento de linhas de TAV (GIVONI, 2006).

Na Europa e na Ásia, onde os modais de trens de alta velocidade estão em pleno funcionamento, o mercado atendido por este serviço é bem definido: regiões com alta concentração populacional e distantes entre si menos de 600 km. Nesses locais percebe-se a forte competição entre os transportes ferroviários e aeroviários. Em trajetos de até 300 km, a menor velocidade do trem em relação ao avião é compensada pela agilidade no embarque e desembarque dos passageiros; entretanto, para distâncias acima de 800 km, o avião é mais rápido e o serviço de TAV é incapaz de competir em termos de tempo de viagem (GLEAVE, 2004). Para distâncias inferiores a 100 km em percursos sem congestionamentos, as rodovias são mais eficientes pois atendem uma gama maior de pontos de origem e destino; no caso de regiões com congestionamentos, o trem de alta velocidade funciona como um serviço de metrô ou trem de superfície (LACERDA, 2008).

A partir da inauguração do primeiro trem de alta velocidade, em 1964 no Japão, este tipo de serviço de transporte de passageiros foi introduzido em outros países, começando pela Europa e Ásia, e partindo para as Américas. O primeiro TAV do Japão foi o modelo Shinkansen, ligando Tóquio, Osaka e Nagoya, com trens rodando a 210km/h. Na França, o French TGV (Train à Grande Vitesse) começou a operar em 1981. O TAV Espanhol, denominado AVE (Alta Velocidad Espanola) é uma combinação entre os modelos francês e japonês, enquanto o TAV na Alemanha foi concebido a partir do modelo francês (GIVONI, 2006).

As linhas de TAV aumentam a capacidade de rotas tendo em vista que usualmente elas complementam as rotas já existentes na sua capacidade de serem usadas em serviços de frete e serviços de transporte de passageiros. O crescimento direto na capacidade oferecida pela linha do TAV é devido à maior frequência, que é possível por causa da maior velocidade e de atualizado sistema de sinalização que permite curtas distâncias entre os trens sem comprometer a segurança, e pelo uso de trens longos com grande capacidade de acomodação de passageiros (GIVONI, 2006).

No Japão, o número de usuários cresceu desde a sua implantação, na década de 1960 até o final dos anos 1980. Desde então, a utilização dos serviços permaneceu no mesmo nível, enquanto os atuais trechos em construção alcançam mercados menores, de forma que a expansão da malha encontra retornos decrescentes. Na Europa, onde a implantação da alta velocidade iniciou-se mais tarde, o número de passageiros continua em crescimento (LACERDA, 2008).

A demanda por serviços de TAV depende do tempo de viagem que ele oferece, do custo e das condições de viagem, comparando-se a outras formas de se locomover entre as cidades, como avião, ônibus e carros. Na França e no Japão, as linhas de alta velocidade são exclusivas, enquanto

na Itália e na Alemanha elas são compartilhadas com serviços convencionais de passageiros e com trens de carga.

Os objetivos e motivações usados para justificar a construção de uma rede de alta velocidade ferroviária são diversos. Uma análise das experiências internacionais permite identificar quatro grandes motivações: (i) resolver problemas de congestionamento das rotas existentes; (ii) conectar áreas industriais com centros de distribuição e transporte internacional; (iii) promoção de equidade e desenvolvimento territorial; (iv) proporcionar uma alternativa ao transporte aéreo em países nos quais a geografia permite vantagens competitivas para as ferrovias (ALBALATE & BEL, 2011).

Os benefícios do investimento em infraestrutura de TAV estão associados a um menor tempo de viagem, a um maior conforto e confiabilidade, redução da probabilidade de acidentes, e em alguns casos essa capacidade adicional ajuda na redução do congestionamento de outros meios de transporte (RUS, 2008).

NAKAMOTO (2012), em seu trabalho sobre planejamento e impasses de trens de alta velocidade, descreve as implicações da implantação dessa tecnologia. Segundo a autora, para viagens de curta distância a competição é maior entre o trem de alta velocidade e o avião, devido à facilidade no embarque e desembarque e a localização das estações nos centros das grandes cidades, diferente dos aeroportos, que necessitam estar afastados dos centros urbanos. Afirma ainda que o serviço favorece o público alvo de usuários que viajam por motivo de trabalho, pois as distâncias costumam ser mais curtas e a disposição para pagar as tarifas é maior, de forma que são implantados em áreas de grande densidade de passageiros.

2.4. Impactos da implantação de TAV

O serviço de trem de alta velocidade modifica as relações existentes acerca da conectividade entre as cidades, aumentando as possibilidades de relações entre centros urbanos (LACERDA, 2008).

A implantação de linhas de TAV impacta a ordenação do território em diferentes níveis: local e regional, área da estação e área de influencia direta. Entretanto, dinâmica de interação entre múltiplos fatores que influenciam a dinâmica das redes viárias dificulta a análise dos impactos provocados pelo trem de alta velocidade.

Uma forma de mensurar os efeitos do TAV a nível local é a observação dos custos imobiliários no contexto das localidades pelas quais passam as linhas ou estações do trem. Estudando o panorama internacional dos trens de alta velocidade, percebem-se diferentes resultados em diferentes localidades: áreas próximas às estações do trem TGV, na França, e do Shinkansen, no Japão, apresentaram custos imobiliários maiores (GIVONI, 2006, CHEN & SILVA, 2014; SPECK, 2003).

Segundo ALBALATE & BEL (2011), os resultados financeiros e o impacto social de uma rede de trens de alta velocidade dependem da motivação para a implantação de um TAV, que por sua vez

afeta diretamente a seleção das rotas, o traçado da rede, as características estruturais das linhas e das estações, a quantidade de estações e a localização destas ao longo da linha.

Existem na literatura trabalhos que descrevem e comparam o desenvolvimento de trens de alta velocidade pelo mundo.

Rietveld (2001) estudou os casos dos trens de alta velocidade do Japão e da França para subsidiar estudos de implantação linhas TAV na Holanda. Sands (1993) revisou os casos no Japão, França e Alemanha a fim de embasar estudos preliminares de implantação de um trem de alta velocidade na Califórnia, Estados Unidos. Ambos os estudos utilizaram experiências anteriores para desenvolvimento de planejamento estratégico dos possíveis impactos de novos trens de alta velocidade.

O Shinkansen é o sistema ferroviário de alta velocidade japonês que liga Tóquio e Osaka com 56 estações entre os dois polos principais. Foi adotado como complementação aos meios de transporte intermunicipais já existentes em função da numerosa demanda de mobilidade da população. Em nível urbano, as localidades com estações de TAV registraram crescimento populacional e empregatício superior àquelas que não possuíam estações (SANDS, 1993; RIETVELD, 2001). Outros efeitos socioeconômicos associados ao TAV japonês são: valorização da terra, criação de polos de atração de empreendedores e redução de níveis de desigualdade (NAKAMURA & UEDA, 1989; *apud* SANDS, 1993).

Na França, o trem TGV (Train à Grande Vitesse) provocou efeitos no comportamento e na localização de empreendimentos empresariais, havendo notáveis desenvolvimentos ao redor de algumas estações. Outros efeitos foram: viagens de negócios cresceram em 50%; o turismo cresceu, mas a demanda por hotéis de pernoite diminuiu (SANDS, 1993). O aumento do valor das propriedades também foi observado no caso da França (SAMOR, 2013), e cidades menores conectadas por trens de alta velocidade tornaram-se atrativas como áreas residenciais (RIETVELD, 2001). Enquanto nos casos da Alemanha e Espanha foram observados fenômenos de crescimento de intercâmbio comercial entre as cidades (SAMOR, 2013).

Na Alemanha, o InterCity Express ICE foi implementado sobre uma infraestrutura já existente de trens convencionais, proporcionando a ligação de um grande número de cidades com investimentos relativamente baixos. Ainda, o serviço alemão funciona de tal maneira que o trem realiza o transporte de passageiros a altas velocidades somente no período diurno, enquanto utiliza o período noturno para o transporte de cargas em modo convencional. Um impacto direto local foi o aumento populacional nas cidades pequenas, resultado de uma migração interna, tendo em vista que a redução no tempo de viagem, associada à qualidade do serviço, permitiu as pessoas morar nas cidades pequenas e trabalhar nas cidades grandes; ainda, foi observado também o crescimento de intercâmbio comercial entre as cidades (SAMOR, 2013).

Serviços de alta velocidade orientada a passageiros tem efeito maior na consolidação e facilitação da mobilidade organizativa de processos já existentes, do que na geração relevante de atividade econômica adicional. Aparentemente, o serviço de alta velocidade para mercadorias tem um

maior impacto sobre a eficiência e acessibilidade, produzindo maior contribuição ao desenvolvimento econômico, embora isto dependa da existência de uma base industrial e de exportação sólida. (ALBALATE & BEL, 2011).

A literatura acerca da experiência internacional mostra que os impactos da implantação de trens de alta velocidade são altamente variáveis, dependendo do contexto socioeconômico do local em questão.

Com relação ao projeto do TAV no Brasil, NAKAMOTO (2012), ao falar sobre valorização do espaço urbano, afirma que o TAV proporcionará fortalecimento econômico, atração de investidores, maior circulação de pessoas nas cidades contribuindo para o crescimento do setor de comércio e serviços, entre outras coisas que agregam valores subjetivos ao solo urbano e desenvolvem a região.

2.5. Modelo Digital de Terreno e Modelo Digital de Superfície

Os modelos digitais de terreno (MDT) e os modelos digitais de superfície (MDS) representam de forma matricial da área trabalhada, ou seja, dividem a área como uma matriz de dados (X, Y) em que, cada ponto (pixel) desta matriz terá um valor de elevação (Z).

Esta modelagem tridimensional também pode ser feita num formato de uma rede irregular de triângulos, comumente conhecida como TIN (Triangular Irregular Network). No entanto, este tipo de formato da representação da elevação possui um processo mais complicado de se trabalhar e os modelos com representação matricial se tornaram mais difundidos devido a facilidade de se trabalhar, modelar e programar, como uma matriz (HUTCHINSON et al., 2011).

Os Modelos Digitais do Terreno (MDT ou Digital Terrain Model - DTM) são definidos como uma representação digital (ou numérica) da forma do terreno (Figura 2). Um MDT representa o relevo do terreno em ambiente virtual (ASPIAZÚ *et al.*, 1990).

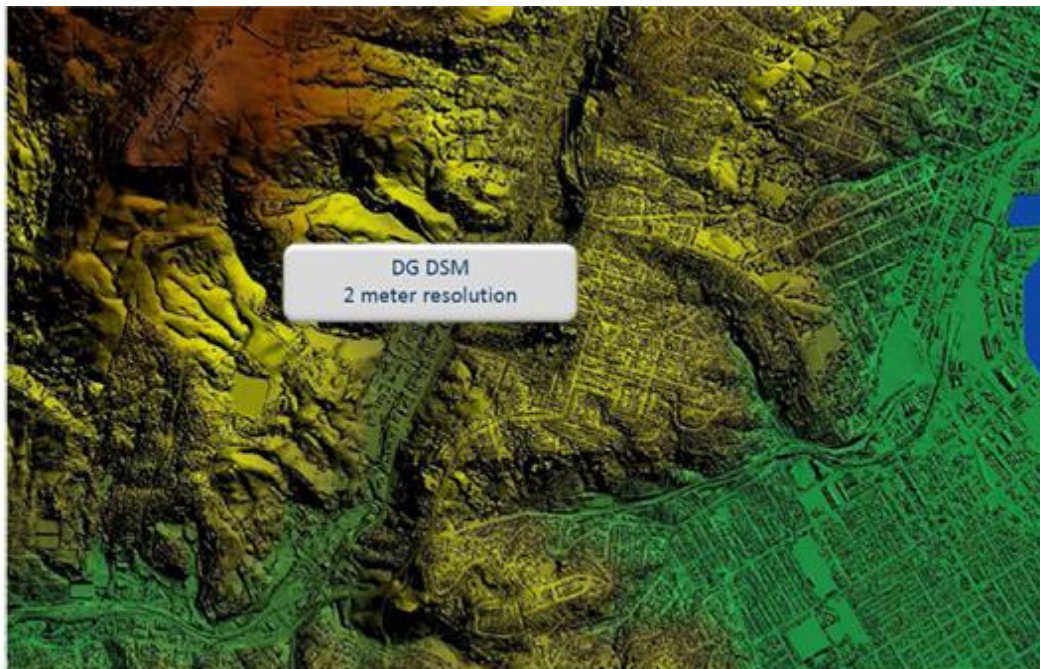
Um MDT pode conter as seguintes informações: a) forma do terreno, pontos de elevação e inclinação e outras feições geomorfológicas que descrevem o relevo da região; b) feições terrestres, como hidrografia (rios, lagos, linhas costeiras). De modo geral um MDT consiste em um conjunto ordenado de pontos amostrados que representam a distribuição espacial dos diversos dados com informações relativas ao terreno (LI *et al.*, 2005).

Enquanto o MDT trata de aspectos do relevo (terreno), utiliza-se o termo Modelo Digital de Superfície quando se trata de dados que apresentam somente a informação da elevação dos elementos que estão sobre a superfície do terreno (Figura 2), podendo representar outras feições do espaço natural ou urbano, como: vegetação, edificações e rede de transportes (estradas, ferrovias, caminhos em geral) (DRUZINA, 2007).

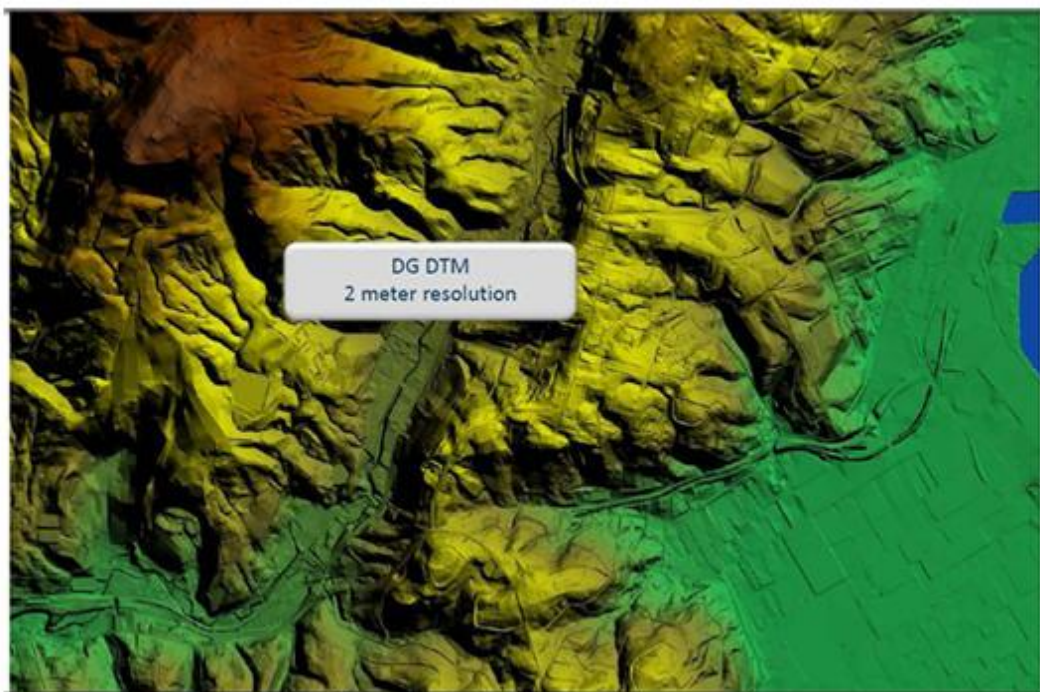
Os modelos digitais possuem aplicações em diferentes campos de estudos. NOVO e GODOY (1985), em seu trabalho sobre a relação entre geomorfologia, sensoriamento remoto e modelos digitais, listam alguns trabalhos e autores que abordam o assunto: treinamento de soldados para

observação de terrenos (RODRIGUES & THOMPSON, 1982); composição de modelos de simulação de balanço energético (DOZIER & OUTCALT, 1979); mapeamento de cobertura vegetal (STHRALLER *et al.*, 1978); construção de perfis de terreno para determinação de cortes a serem feitos no terreno para o cálculo de linhas de intervizibilidade para posicionamento de torres, um problema típico das áreas de telecomunicações (OLIVEIRA & FELGUEIRAS, 1988); geração de bacias de contribuição, tendo em vista que o MDT é fonte importante para obtenção de dados relativos ao fluxo superficial, como rede de drenagem (VIEIRA ET al., 2005); estudo do panorama de uso e ocupação da terra em áreas de preservação permanente (GOMES et al., 2013).

Os modelos digitais também são empregados no cálculo de volumes, tendo aplicação nas seguintes áreas, por exemplo: engenharia civil, com cálculo de volumes de barragens, edificações e projeção de estradas; geologia, com estimativa volumétrica de jazidas minerais; e agricultura, com sistematização de áreas agricultáveis (FELGUEIRAS et al., 1989).



Modelo Digital de Superfície



Modelo Digital de Terreno

Figura 2: comparativo entre um MDS e um MDT. Fonte: <http://www.globalgeo.com.br>. 2015

3. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo foi escolhida em virtude do trecho proposto para a implantação do projeto TAV Brasil: corredor Rio de Janeiro – São Paulo – Campinas, eixo de grande importância regional, com cidades com grande concentração industrial, além da grande concentração do comando financeiro da economia nacional neste eixo.

A extensão total da linha de alta velocidade proposta entre Campinas e Rio de Janeiro é de 511 km (Figura 3), com um total de 8 estações ao longo do percurso, sendo 3 no estado do Rio de Janeiro (Barão de Mauá, Galeão, Volta Redonda/ Barra Mansa), e 5 no estado de São Paulo (São José dos Campos, Aeroporto Internacional de São Paulo em Guarulhos, Campo de Marte, Aeroporto de Viracopos e a última em Campinas).



Figura 3: localização das estações de TAV ao longo do trecho RJ-SP. Fonte: Site EPL - <http://www.epl.gov.br/tav> (2015).

Para a modelagem desenvolvida nesse trabalho, foi escolhida a área de influência indireta da estação referente à cidade de São Paulo. A estação está prevista para ser instalada na região do Campo de Marte (Figura 4, 5 e 6), um campo de aviação federal localizado na região norte da cidade de São Paulo, próximo ao Terminal Rodoviário Tietê, à Estação Carandiru do Metrô e à Marginal do Tietê. Opera com aviação geral, táxi aéreo, escolas de pilotagem, e comporta hangares do Serviço Aeronáutico das Polícias Civil e Militar (INFRAERO).

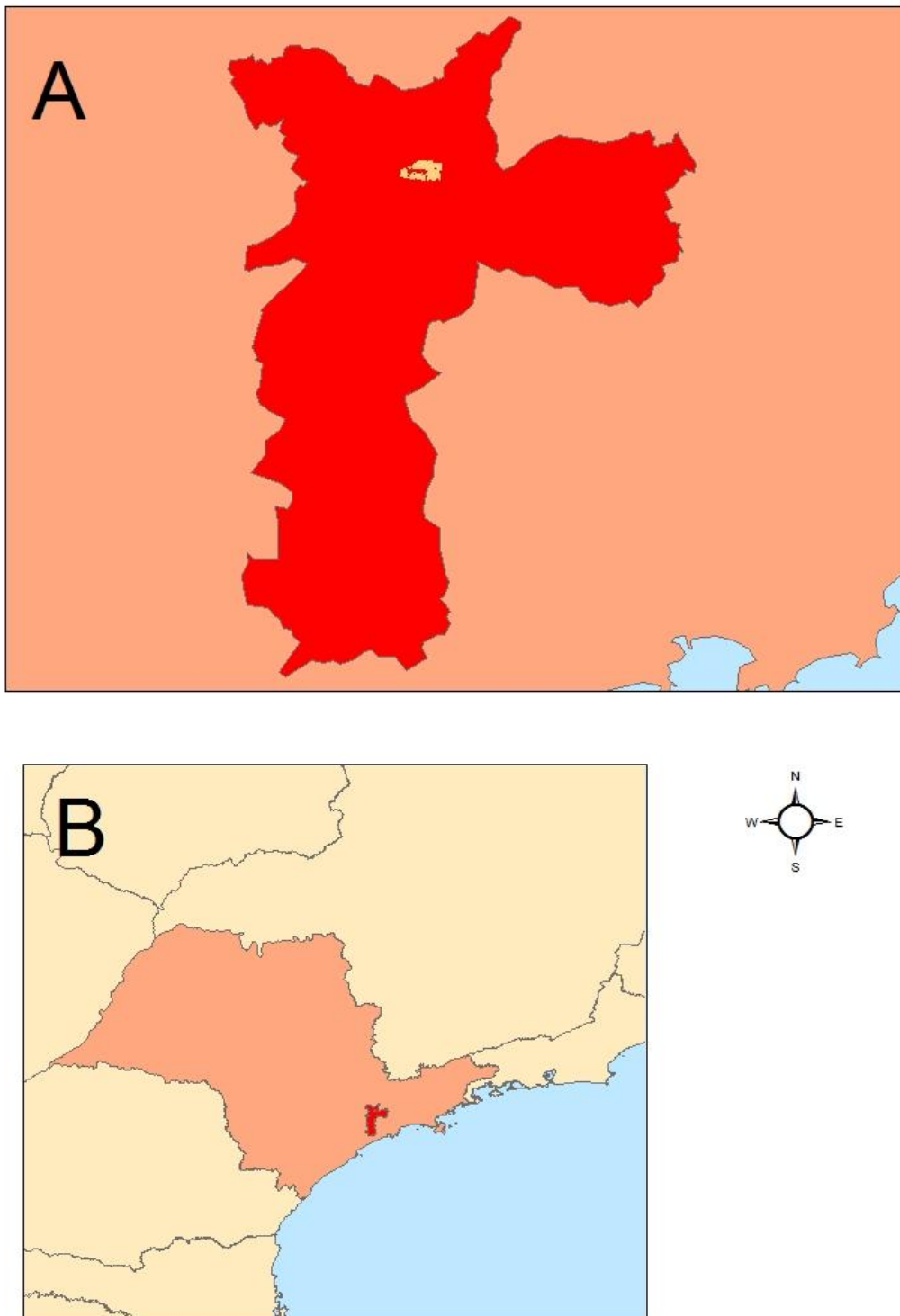


Figura 4: Localização do Campo de Marte. A) Município de São Paulo com a região do Campo de Marte ao norte. B) Localização do município de São Paulo dentro do estado de SP.

De acordo com Art. 12 do Plano Diretor Estratégico do município de São Paulo, Campo de Marte está inserido na Macrozona de Estruturação e Qualificação Urbana, e dentro deste está contido na Macroárea de Estruturação Metropolitana, mais especificamente no Setor Orla Ferroviária e Fluvial, dentro do chamado Arco Tietê.

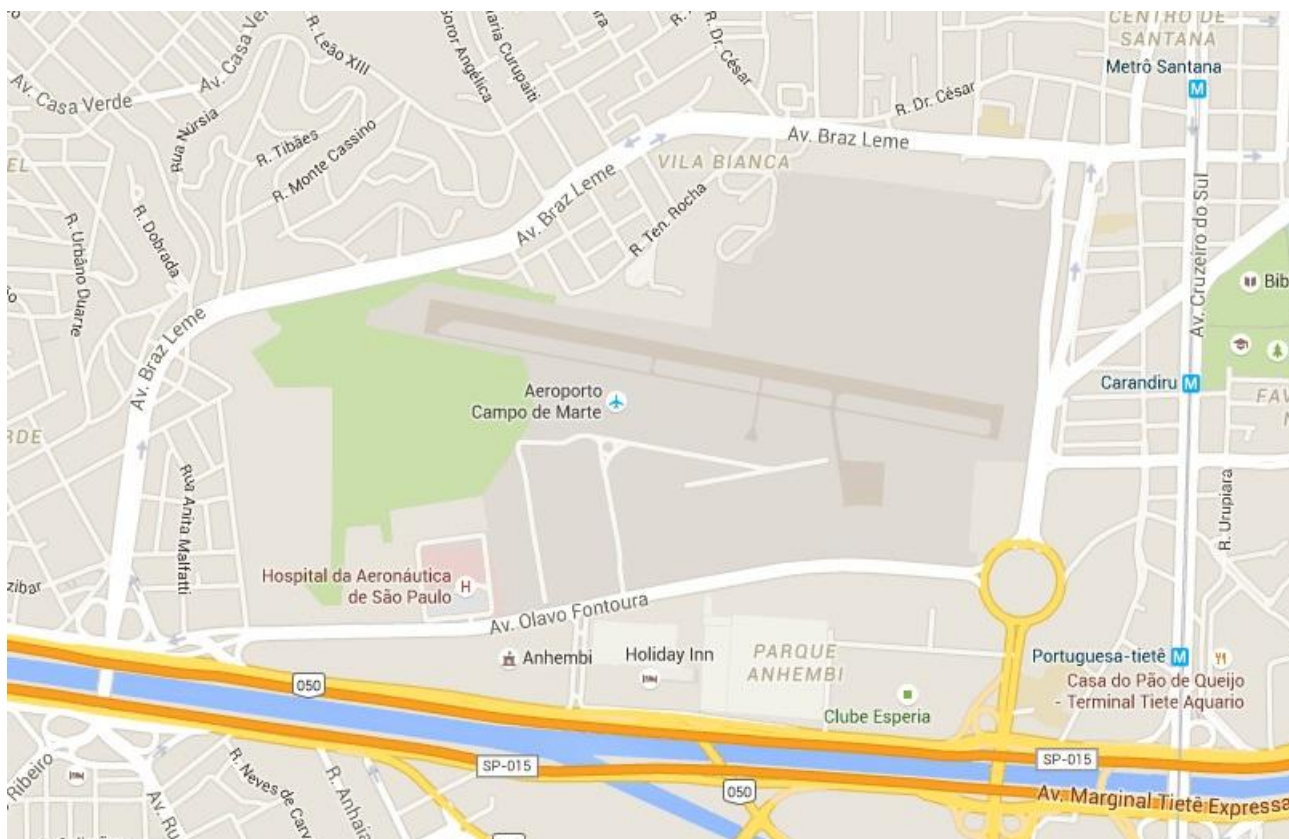


Figura 5: Localização do. Aeroporto Campo de Marte - SP. Fonte: Google Maps, 2015.



Figura 6: Imagem de Satélite da área de Estudo. Campo de Marte - SP. Fonte: Google Maps, 2015.

O substrato geológico do município de São Paulo é composto por rochas de composição granítica e rochas metamórficas pré-cambrinas. De acordo com ALMEIDA (1969), as rochas sedimentares de idade terciária pertencem à Bacia Sedimentar de São Paulo, constituída pelas formações Resende, Tremembé, São Paulo e Itaquaquetuba. O aeroporto do Campo de Marte está localizado na Formação Itaquaquetuba, constituído por conglomerados, areias e, de forma mais subordinada, lamitos e argilitos. A região de São Paulo e municípios vizinhos situam-se na Província Geomorfológica do Planalto Atlântico, e dentro deste, o município de São Paulo insere-se na zona Planalto Paulistano, cujo relevo é formado por morros e espigões de formas suavizadas, em permeio à planícies aluviais dos principais rios que drenam a região, com altitudes que variam de 715 a 900 metros (RIMA Aeroporto Campo de Marte, 2009).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de testar uma metodologia de trabalho que otimize análises de ocupação do solo urbano, foram utilizados as ortofotos e o modelo digital de superfície (MDS) produzidos em 2010/2011, pela a Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano (Emplasa) e, disponibilizados pela Empresa de Planejamento e Logística (EPL) do governo federal.

O MDS utilizado (Figura 7) possui resolução espacial de 5 metros e, precisão vertical na escala de 1:25.000 (Emplasa, 2010). Foi produzido a partir da restituição planialtimétrica das fotos aéreas, do projeto mapeia São Paulo, feito em 2010/2011. A partir deste MDS e das fotos aéreas, a Emplasa, construiu as ortofotos com resolução espacial de 1 metro (Figura 8).

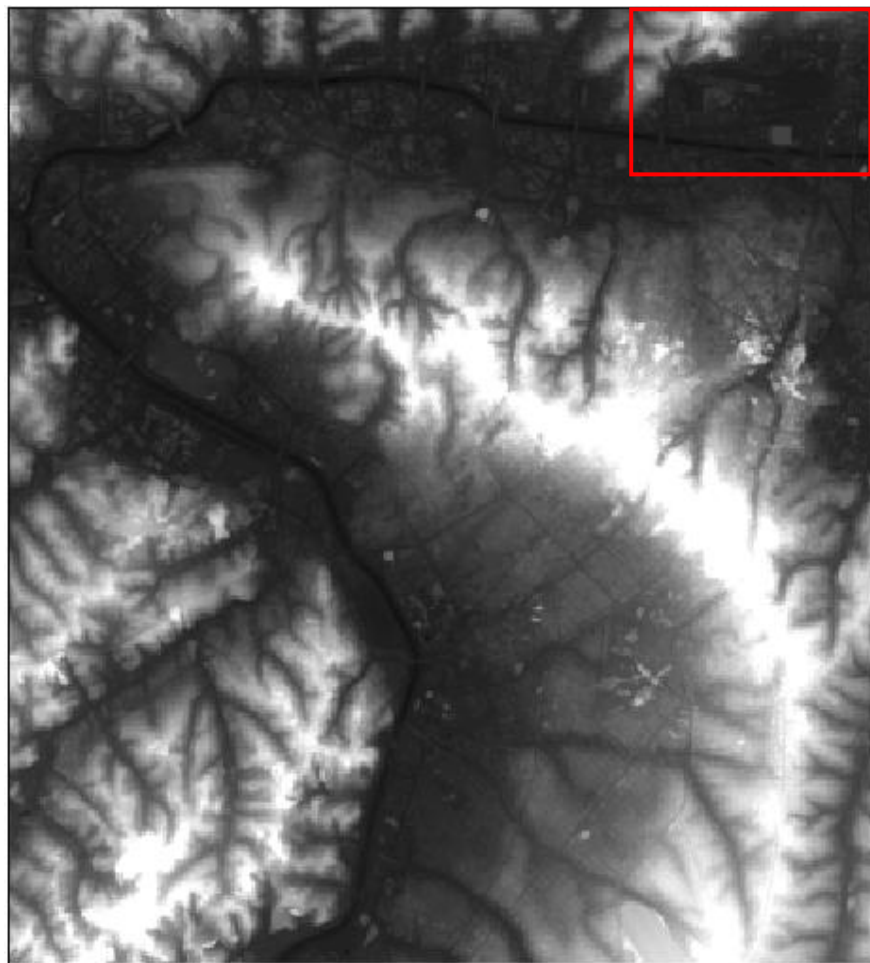


Figura 7: Modelo Digital de Superfície e região do Campo de Marte (em vermelho).

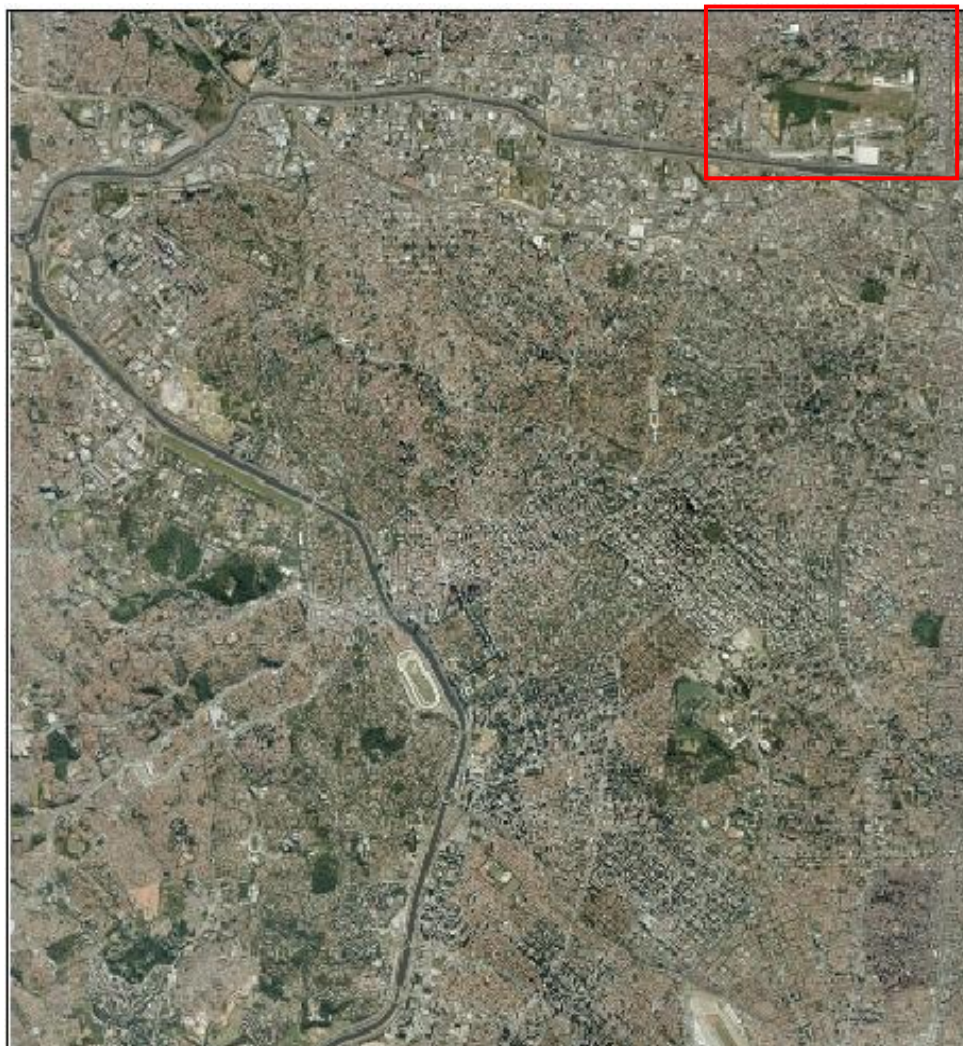


Figura 8: Ortofoto e região do Campo de Marte (em vermelho).

A metodologia do trabalho foi dividida nas seguintes fases: mapeamento da rede viária e de todas as estruturas prediais da área de influência indireta da área de estudo; definição do gabarito de cada estrutura predial mapeada; extração dos valores de elevação para cada segmento de rua; geração do modelo digital de terreno, a partir dos pontos das ruas; cálculo do volume ocupado de cada estrutura predial (a partir do MDS e do MDT ruas); simulações do cálculo do volume que ainda pode ser ocupado a partir da altura máxima definida pelo plano diretor.

O mapeamento das estruturas prediais contidas dentro da área de influência indireta correspondente à Estação Campo de Marte foi feito por fotointerpretação, utilizando ortofotos no software ArcGis, tendo por produto um *shape* de polígonos de edificações, de modo que cada polígono corresponde à uma edificação (Figura 9).



Figura 9: Sobreposição do *shape* de edificações convertido em kmz à imagem do Google Earth.

Para a classificação das edificações, foram utilizados os softwares Google Earth e Google Maps em conjunto com a ferramenta Google Street View, a qual permite ao usuário percorrer ruas da cidade e obter a visão do terreno.

A classificação dos polígonos das edificações procedeu-se da seguinte forma: o *shape* de edificações foi transformado em arquivo de formato KMZ, o qual é legível no Software Google Earth (Figuras 9). Dessa forma, foi possível determinar os tipos de edificações, o uso, e definir o número de pavimentos dos mesmos utilizando a ferramenta Google Street View do Google Earth (Figura 10), além de outras informações disponíveis no Google Maps, como fotos, descrição de estabelecimentos e endereços (Figura 11 e 12). No caso das edificações contidas no interior das quadras, cuja visualização é mais complicada, foram feitas estimativas tomando por base as informações das edificações contíguas. Os dados referentes à classificação foram adicionados à tabela de atributos do *shape* de edificação.

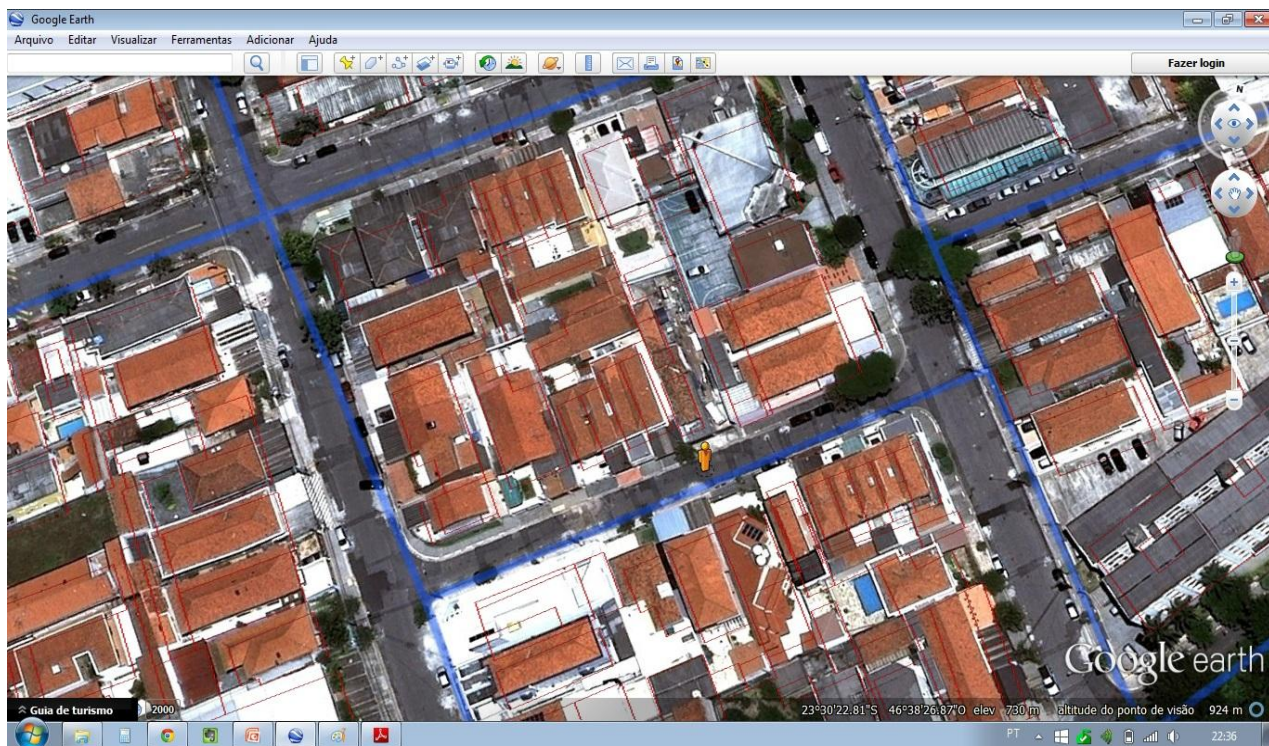


Figura 10: Detalhe da utilização do Google Street View.

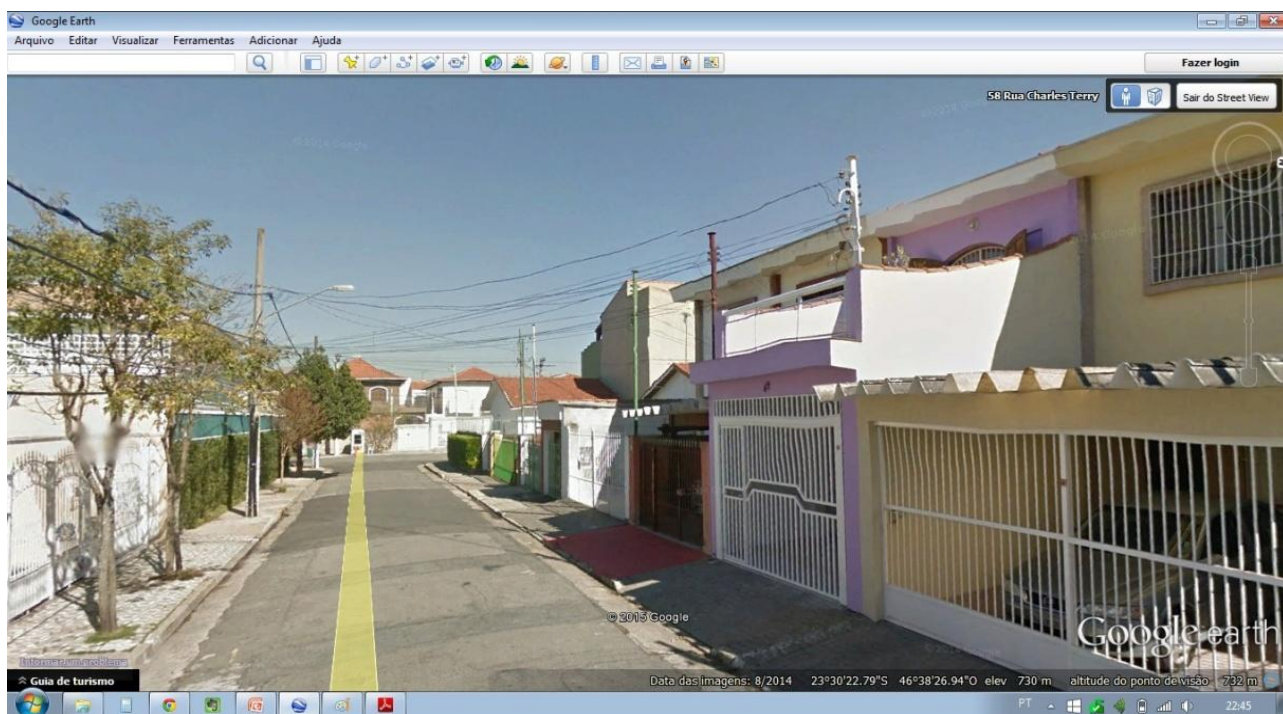


Figura 11: Google Street View.



Figura 12: Google Street View.

As edificações foram classificadas em três categorias:

- a) Tipo de imóvel: comercial, residencial, misto, institucional, institucional da aeronáutica, e estacionamentos;
- b) Tipo de edificação: prédio, casa, estrutura de cobertura;
- c) Número de pavimentos da edificação.

A classificação das edificações é de grande importância, tendo em vista que para a estimativa do potencial de verticalização devem ser considerados os prédios comerciais e residenciais, de modo que os imóveis institucionais não entram na estimativa da verticalização para exploração imobiliária.

O mapeamento do número de pavimentos servirá como base para a análise e validação dos dados obtidos a partir da modelagem digital de terreno e de superfície. O número de pavimentos foi multiplicado por 3 (três) para sabermos a altura de cada estrutura, tendo em vista que as edificações seguem um padrão geral de 3 metros de altura por pavimento, com exceção das edificações institucionais, nas quais não foi verificada a ocorrência desse critério.

Posteriormente à classificação das estruturas prediais e determinação da quantidade de gabaritos, mapeou-se todas as ruas da área de influência indireta (Figura 13). A partir deste mapeamento extraiu-se as informações de elevação das ruas para a construção do MDT. A extração da elevação nas ruas deveu-se a buscar a elevação do terreno na área. Como esta área é muito

urbanizada, os únicos lugares que mais representam o relevo serão as ruas. Este MDT foi feito utilizando o módulo Topo to Raster do ArcGis. A escolha deveu-se por este método utilizar técnicas de diferenças finitas em que são levados em consideração na interpolação dos dados a distribuição regional e local dos pontos de elevação. O MDT foi gerado com a mesma resolução espacial do MDS (de 5 metros) para que seja compatível os cálculos de volume posterior.

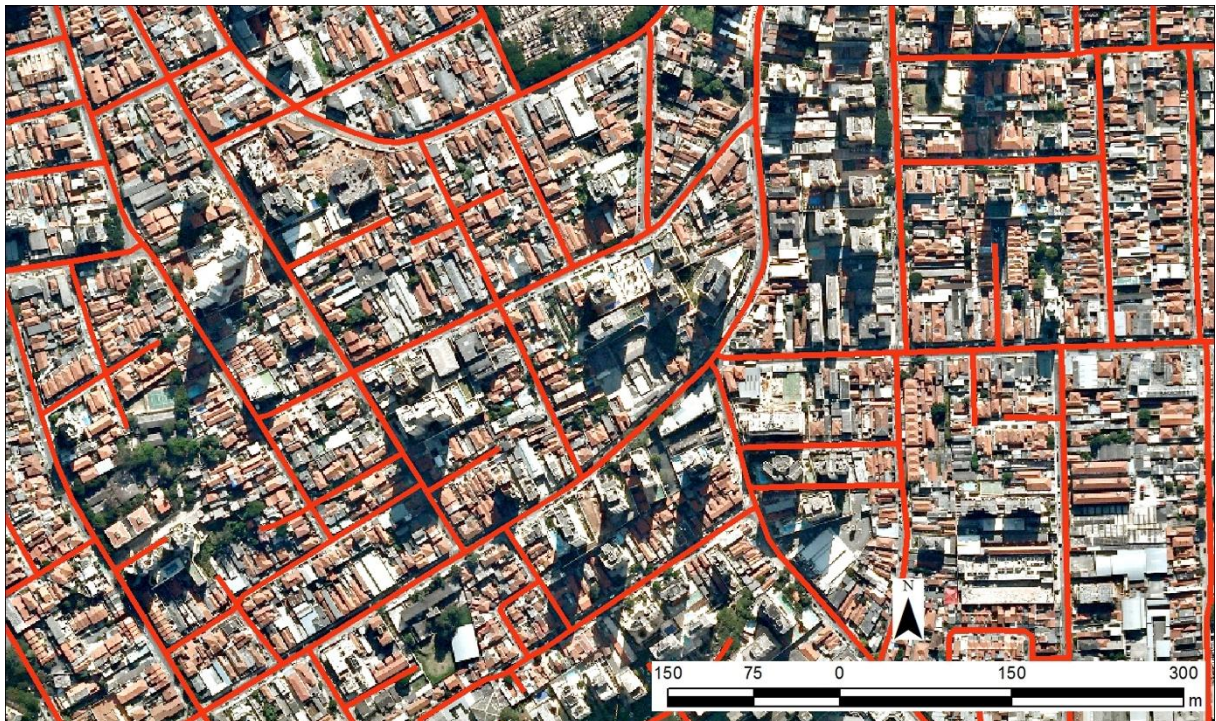


Figura 13: Detalhe do mapeamento feito para todas as ruas da área de estudo.

Tendo o MDS e o MDT prontos é possível fazer cálculo do volume atual ocupado na área. Este cálculo é feito pela diferença dos valores de elevação obtidos pelo MDS e MDT para dentro da área da estrutura predial multiplicado pela área desta estrutura, conforme mostra a equação:

$$\text{Volume Atual} = (\text{Elevação do MDS} - \text{Elevação do MDT}) \times \text{Área da Estrutura Predial} \quad (1)$$

Já o cálculo do volume potencial de uso que o plano diretor possibilita é feito a partir da diferença da altura máxima permitida pelo plano diretor para área (que é de 28 metros, segundo consta no Plano Diretor, demonstrado na Tabela 1, na região correspondente ao Arco Tietê) menos a altura encontrada (resultado da diferença entre a elevação do MDS e a elevação do MDT) multiplicado pela área (Equação 2).

$$\text{Volume PD} = [28 - (\text{Elevação do MDS} - \text{Elevação do MDT})] \times \text{Área da Estrutura Predial} \quad (2)$$

Para a validação dos dados foram aplicados estatísticas de diferença (indicando o percentual de aumento ou diminuição) e o teste de pearson (para verificar o grau de correlação de cada estrutura mapeada. Estes testes estatísticos foram feitos tanto para a altura como o volume de cada estrutura predial.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O primeiro resultado é com relação ao mapeamento realizado, conforme mostra a figura 14. Pode-se verificar que existe uma concentração de prédios institucionais no centro da imagem, o que ocorre por ser a área do aeroporto nesta região. Verifica-se também a continuidade das estruturas prediais mais ao sul da imagem, perto da Marginal do Tietê. Esta região concentra o sambódromo e alguns outros pavilhões. As estruturas prediais de classe residencial se concentram mais a oeste e a norte da área de estudo. São estas as áreas que possuem um maior potencial de verticalização.

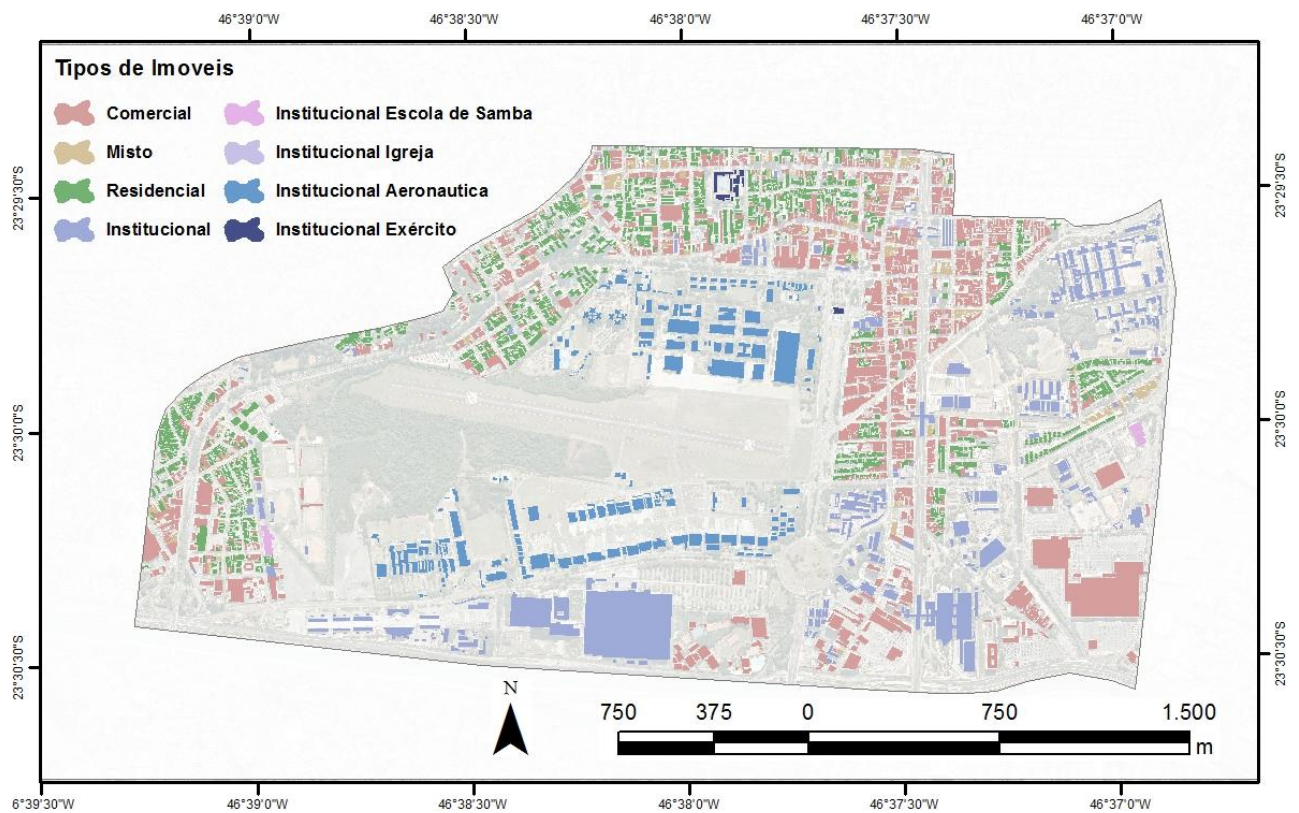


Figura 14: Mapeamento das edificações da área de influência indireta do Campo de Marte.

Após o mapeamento das estruturas predias, identificou-se a quantidade de pavimentos em cada estrutura, conforme mostram as figuras 15 e 16. Nota-se que o número maior de pavimentos encontra-se nas mesmas áreas residenciais.

Com os mapeamentos feitos, gerou-se os MDS e MDT da área (Figuras 17 e 18). Notamos que o MDS possui amplitude de valores de altitude maior do o MDT, o que ocorre devido ao MDS identificar a elevação de estruturas sobre a superfície do terreno, enquanto que o MDT tende a identificar a elevação do terreno em si.

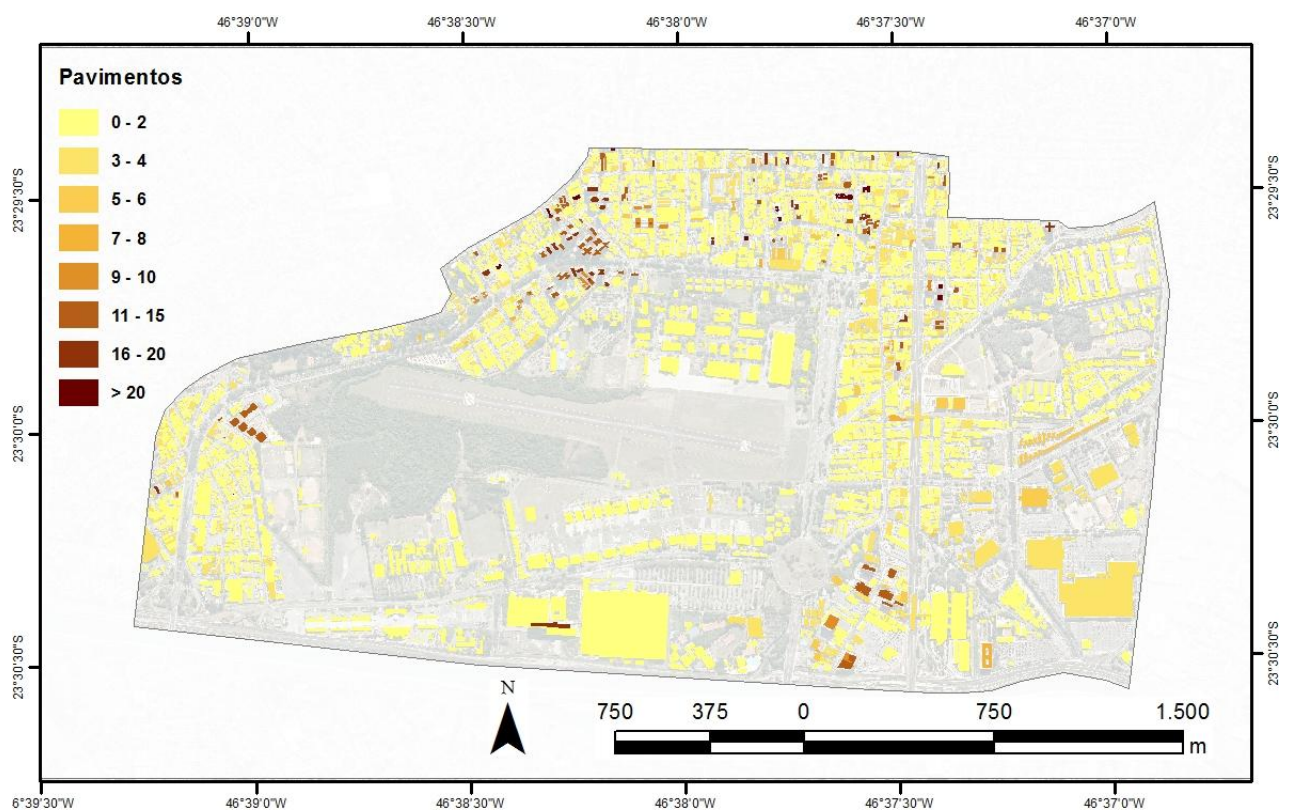


Figura 15: Número de pavimentos por edificações da área de influência indireta do Campo de Marte.

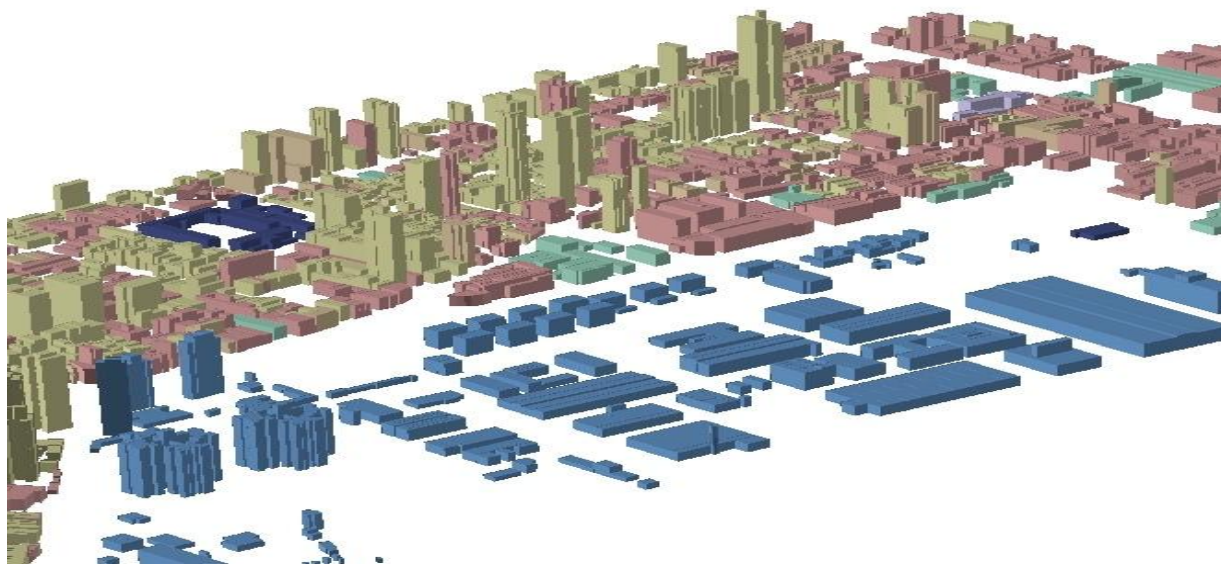


Figura 16: Visualização em 3D do número de pavimentos por edificações da área de influência indireta do Campo de Marte.

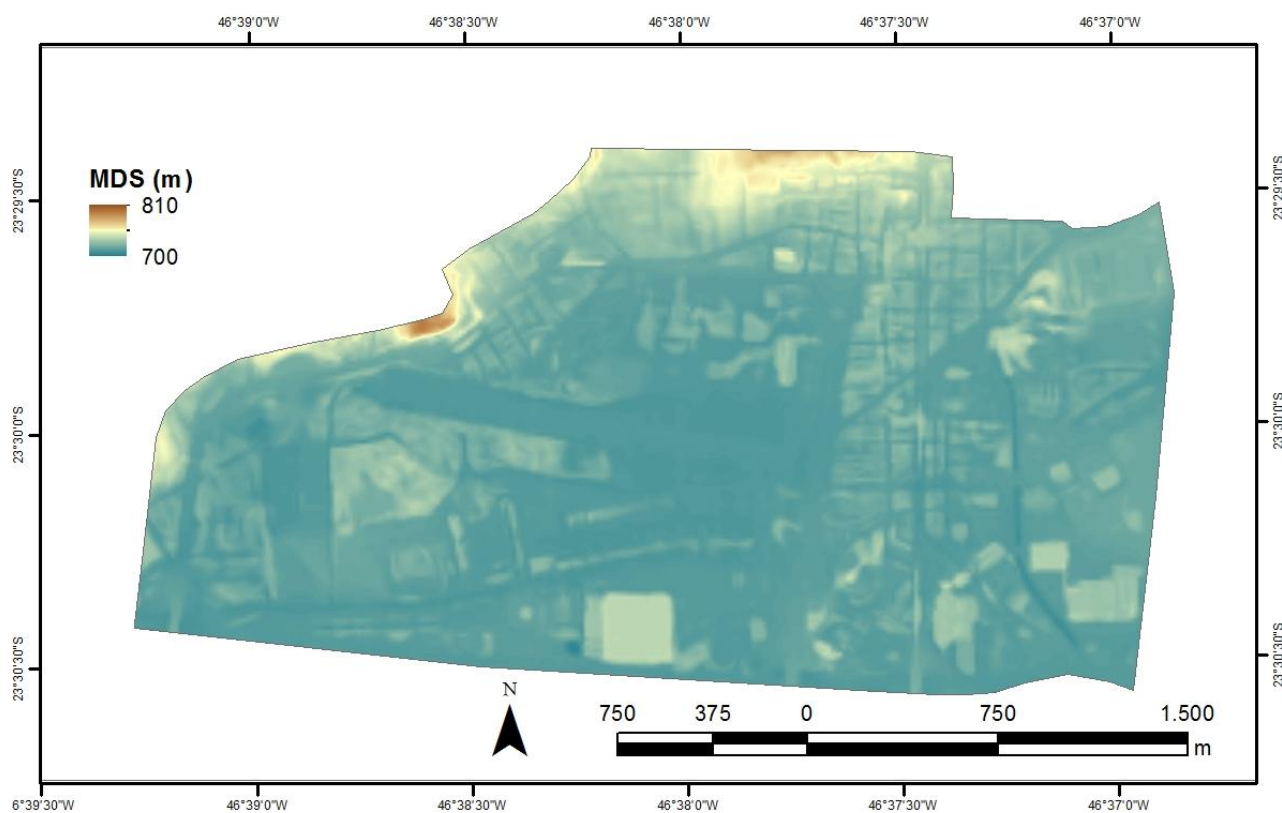


Figura 17: Modelo Digital de Superfície da área de influência indireta do Campo de Marte.

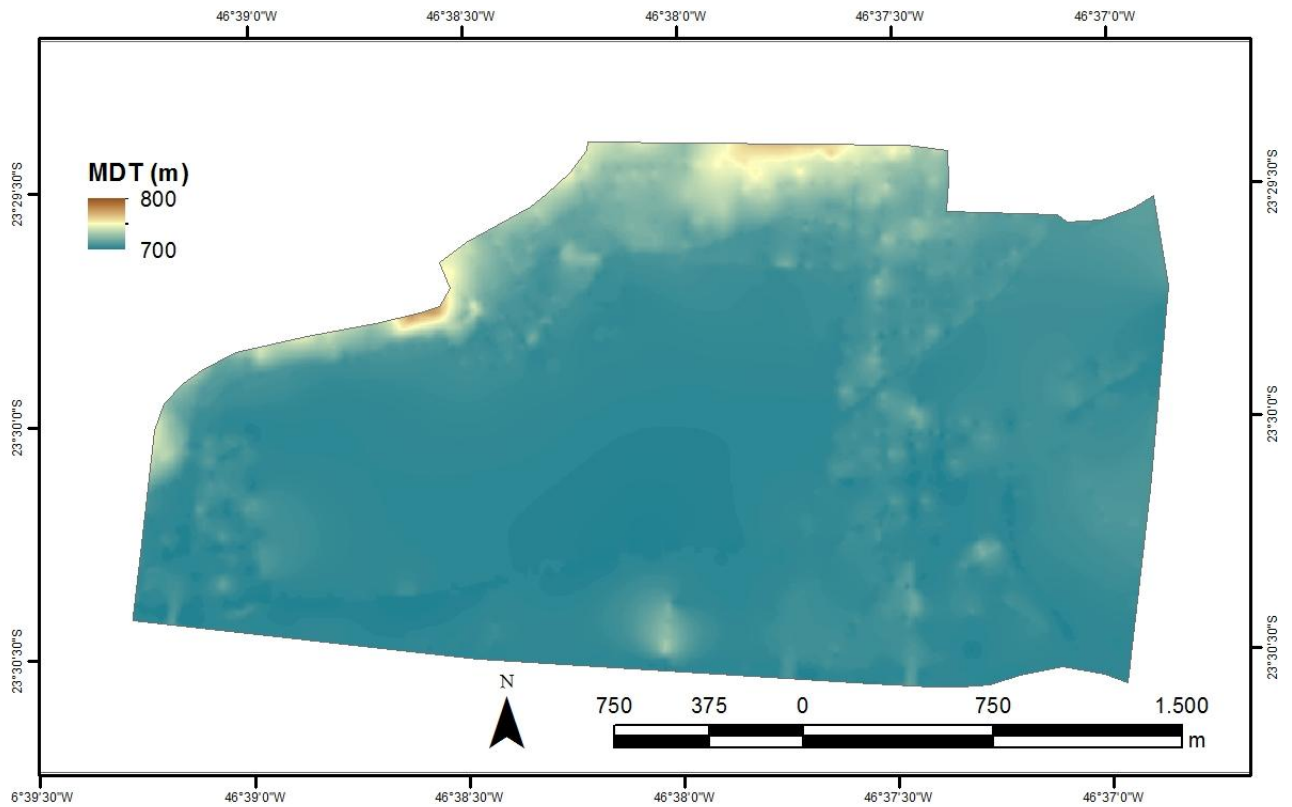


Figura 18: Modelo Digital de Terreno da área de influência indireta do Campo de Marte.

Feita toda a modelagem, a próxima etapa foi a comparação das alturas obtidas pelo mapeamento com as da modelagem (de superfície e de terreno). Como a base da modelagem é sobre o MDS construído pela EMPLASA S.A. que é para uma escala de 1:25.000, ou seja, possui uma exatidão dos valores de altitude entorno de 5 metros, fez-se uma análise considerando a totalidade dos dados e uma outra retirando os valores no intervalo de 5 metros (Tabelas 2 e 3).

Tabela 2: Somatório das alturas e do volume com todos os dados e com os dados acima da variação de 5 metros.

	DADOS TOTAIS			DADOS ACIMA DE 5 METROS		
	Mapeado	MDS-MDT	DIFERENÇA	Mapeado	MDS-MDT	DIFERENÇA
ALTURA (m)	49.206	21.420	27.786	8.058	7.357	701
VOLUME (m ³)	8.335.650	4.741.233	3.594.417	2.870.850	2.936.495	-65.645

Tabela 3: Valores médios e mediana da altura e do volume considerando todos os dados e somente os dados que tiveram diferença acima de 5 metros de altitude.

DADOS TOTAIS				
ESTATÍSTICAS	ALTURA (MAPEADA)	VOLUME (MAPEADO)	ALTURA (MDS-MDT)	VOLUME (MDS-MDT)
MÉDIA	8	1.321	3	751
MEDIANA	6	450	3	243
VARIAÇÃO ACIMA DE 5 METROS				
ESTATÍSTICAS	ALTURA (MAPEADA)	VOLUME (MAPEADO)	ALTURA (MDS-MDT)	VOLUME (MDS-MDT)
MÉDIA	8	2.938	8	3.006
MEDIANA	6	1.050	7	1.099

Nota-se que nos dados totais a diferença entre o mapeado e o estimado pela modalgem fica entorno de 50%. No entanto, quando consideramos os valores acima de 5 metros percebemos que os dados aproximam-se do mapeado. Ou seja, a diferença entre o total do somatório da altitude caiu de 27.786 m para 701 m e, o volume foi de 3.594.417 m³ para -65.645 m³. Quando verificamos os valores médios e medianos das áreas com variação acima de 5 metros notamos uma maior aproximação dos valores mapeados e os modelados (Tabela 3). A altura média de todas as estruturas prediais fica em 8 metros e a mediana em 6 metros para cada estrutura. Já no modelado, a média e a mediana tiveram a mesma altura de 3 metros. Entretanto, quando analisa-se os valores acima de 5 metros, nota-se que a altura média é a mesma do mapeado para o modelado, e a mediana no mapeado é de 6 metros e no modelado é de 7 metros.

A diferença entre os valores pode estar ocorrendo porque algumas estruturas prediais do tipo casa têm um padrão diferente de altura por pavimento do que foi adotado, lembrando que adotou-se o valor de 3 metros por número de pavimentos.

Outra maneira, validar os dados é fazer um teste de pearson para verificar o grau de correlação entre os dados. Deste modo, como se tem cada estrutura predial mapeada com seu volume atual e o mapeado fez este teste de pearson (Tabela X). Nota-se novamente, que nos dados totais a correlação é alta (0,7), mas quando fazemos a correlação com os dados acima de 5 metros fica maior (0,89).

Tabela 4: Resultado da correlação de Pearson feita para cada edificação.

	Todos os Dados	Acima de 5 metros
PEARSON	0,70	0,89

Com a validação dos dados utilizando os MDS e MDT, fez-se a simulação dos dados utilizando os valores de 28 metros estabelecidos pelo plano diretor (Tabela 4). Nota-se um potencial disponível e permitido pelo plano diretor de $5.745.457\text{m}^3$. Dessa forma, verifica-se que esta área ainda possui um potencial de verticalização muito grande dentro do limite possível estipulado pelo Plano Diretor.

Tabela 5: Somatório da altura e do volume simulado pelo que é definido pelo plano diretor.

	PD
ALTURA (m)	20.002
VOLUME (m³)	5.745.457

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia adotada demonstra um potencial, pois apresentou resultados bastantes satisfatórios. Acredita-se que a diferença de valores do mapeado para o modelado está relacionado a dois fatores principais.

O primeiro é o fato de que o MDS construído pela EMPLASA S.A. é para a escala de 1:25.000, ou seja, possui uma variação entorno de 5 metros. Quando levamos em consideração esta diferença, nota-se que os dados modelados se aproximaram muito do mapeado.

O segundo fator se deve a altura dos pavimentos. Neste trabalho adotou-se uma altura média de 3 metros para cada pavimento. No entanto, verificou-se que algumas estruturas prediais não apresentam esta variação, o que pode também estar acarretando da diferença de valores. A área de estudo ainda possui um grande potencial de verticalização permitido pelo plano diretor (cerca 5 milhões de metros cúbicos).

Estudos acerca das demais implicações do aumento da oferta imobiliária na região são importantes para compor uma análise detalhada do caso, a fim de subsidiarem o planejamento de diretrizes para o desenvolvimento da região. Impactos sociais, econômicos e ambientais são estudados separadamente, para que posteriormente possam compor a equação que determinará o traçado de planos de ações de desenvolvimento regional.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBALATE, D; BEL, G.** *Cuando la economía no importa: auge y esplendor de La alta velocidad em España.* Revista de Economía Aplicada, n. 55. 2011.
- ALBALATE, D; BEL, G.** *High-speed rail: lessons for policy makers from experiences abroad.* Working paper 2010/03, Universitat de Barcelona, Research Institute of Applied Economics. 2010.
- ASPIAZÚ, C.; ALVES, L. M.; VALENTE, O. F.** *Modelos Digitais de terreno: conceituação e importância.* Boletim de Pesquisa Florestal, Colombo, n. 21, p.27-36, dez. 1990.
- CAPPA, J.; SPERANCINI, J. H. B. S.; RIBEIRO, S.** *Dilemas da ampliação do aeroporto internacional de Viracopos para o desenvolvimento regional.* Revista da Micro e Pequena Empresa, Campo Limpo Paulista, v.8, n.1, p. 3- 17, 2014.
- CHEN, G.; SILVA, J. A.** *Estimating the provincial economic impacts of high-speed rail in Spain: An application of structural equation modeling.* Procedia - Social and Behavioral Sciences 111 (2014) 157 – 165. 2014.
- DOZIER, H.; OUTCALT, S. I.** *An approach toward energy terrain balance simulation over rugged terrain.* Geographical Analysis. 1979.
- DRUZINA, A. G. S.** *Integração de dados altimétricos obtidos através de diferentes técnicas para geração de um novo Modelo Digital de Elevação.* Porto Alegre. Dissertação (mestrado em Sensoriamento Remoto), Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia / Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007.
- FELGUEIRAS, C. A.; ERTHAL, G. J.; PAIVA, J. A. C.** *Utilização de MDT para cálculo de volumes.* Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, SP. 1989
- GIVONI, M.** *Development and impact os the modern high-speed train: a review.* Transport Reviews, vol. 26, nº 5, 593-611, September 2006.
- GLEAVE, S.** *High speed rail: international comparisons.* Final REPORT, 2004.
- GOMES, R. L.; VALADARES, J. O.; MORAES, M. E. B; FRANCO, G. B.; MARQUES, E. A. G.** *Uso de MDT no panorama do uso e ocupação do solo presente nas áreas de preservação permanente na bacia hidrográfica do Rio Almada – BA.* Revista de Geografia (Recife), Vol. 30, nº 3. 2013.
- HUTCHINSON, M. F.; XU, T.; STEIN, J. A.** *Recent progress in the ANUDEM elevation gridding procedure.* Geomorphometry, p. 19-22, 2011.
- INFRAERO.** www.infraero.gov.br. Acesso em 30 de novembro de 2015.
- LACERDA, S. M.** *Trens de alta velocidade: experiência internacional.* Revista do BNDES, v. 14, n. 29, p. 61-80, Junho, 2008.
- LI, Z.; ZHU, Q.; GOLD, C.** *Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology.* CRC Press. 2005.

- MACEDO, S.S.** *São Paulo, paisagem e habitação verticalizada: os espaços livres como elementos do desenho urbano*. São Paulo. Tese (Doutorado em Arquitetura), Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo. 1987.
- MACHADO, M. M. M.** *Verticalização das cidades: o papel da legislação no caso do bairro Sion em Belo Horizonte*. Belo Horizonte. Dissertação (mestrado em Geografia), Instituto de Geociências / Universidade Federal de Minas Gerais. 1997.
- MENDES, C. M.** *A indústria do solo, o capital e a verticalização*. Geosul, Florianópolis, 16:37-45. 1993.
- NAKAMOTO, B. S.** *Planejamento e impasses na implementação do Trem de Alta Velocidade (TAV) entre Campinas/SP, São Paulo/SP e Rio de Janeiro/RJ*. Presidente Prudente. Dissertação (mestrado em Geografia), Faculdade de Ciências e Tecnologia / Universidade Estadual Paulista. 2012
- NOVO, E. M. L. M.; GODOY Jr, M.** *Geomorfologia, modelos digitais de terreno e sensoriamento remoto*. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, SP. 1985.
- NUNES, N.** *Gestão Ambiental Urbana: planejar antes de verticalizar. Considerações para o debate sobre verticalização das cidades*. Instituto Superior de Engenharia, Arquitetura e Design. CEUNSP, SALTO-SP. ANO. 02, N.3, P. 58-62. 2011. Disponível em www.engengho.info
- OLIVEIRA, E. A.; FELGUEIRAS, C. A.** *Obtenção de perfis a partir de modelos digitais de terreno*. Instituto de Pesquisas Espaciais – INPE. São José dos Campos, SP. 1988.
- RAMIRES, J. C. de L.** *O processo de verticalização das cidades brasileiras*. Boletim de Geografia, Maringá: UEM-PGE. V.16, nº 1, p.97-105, 1998.
- RAMIREZ, J. C. L.** *A verticalização de São Paulo e o cinema: uma nova dimensão nos estudos da cidade*. In.: Sociedade e Natureza. Uberlândia, nº 9, pp. 5-22, Jan./Jun, 1997.
- RODRIGUE, M. THOMPSON, L.** *Computer graphics at the United States Military Academy*. In: International Symposium on computer assisted cartography. Proceedings. Crystal City, August. 1882.
- RUS, G.** *The economic effects of high speed rail investment*. Discussion paper n. 2008-16, Oganizacion fo Economic Co-operation and Development and International Transport Forum Joint Transport Research Centre. 2008.
- SAMPAIO, L.** *Estudo de Impacto de Vizinhança: sua pertinência e delimitação de sua abrangência em face de outros estudos ambientais*. Monografia de Especialização - Direito Ambiental e Desenvolvimento Sustentável. Universidade de Brasília. Centro de Desenvolvimento Sustentável. UnB-CDS. 2005.
- SILVA, L. H.** *A verticalização do espaço urbano: o caso do bairro do Prado recife/PE*. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CFCH. Geografia, 2008.
- SILVEIRA, M. R.** *Infraestruturas e Logística de Transportes no Processo de Integração Econômica e Territorial* Mercator, Fortaleza, v. 12, número especial (2)., p. 41-53, set. 2013.
- SOARES, E. R; REIS, D. M; SANTOS, H. R.** *O impacto na logística de passageiros com a implantação do Trem de Alta Velocidade no Brasil no eixo Rio de Janeiro – São Paulo*. Revista de Administração da Fatea, v. 4, n. 4, p. 5-18, jan./ dez., 2011.

- SOMEKH, N.** *A cidade vertical e o urbanismo modernizador.* São Paulo, 1920-1939. São Paulo: Edusp. 1987.
- SOMEKH, N.** *A (Des) verticalização de São Paulo. (1987)* 214f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). São Paulo: FAU-USP, 1987.
- SOUZA, M. A. A. de.** *A identidade da metrópole: a verticalização de São Paulo.* São Paulo: Edusp. 1994.
- SPECK, K.** *Système national d'innovation et TGV Ce qu'une grille de lecture de l'économie de l'innovation peut apporter à l'analyse des évolutions d'un système technique... et réciproquement.* Recherche Transports Sécurité 78 (2003) 33–41. 2003.
- STHALER, A. H.; LOGRAN, T. L.; BRYANT, N. A.** *Improving forest cover classifications accuracy from landsat by incorporating topographic information.* In: International symposium on remote sensing of environment, 12. Manila. Philippines. Proceedings An Arbor, ERIM, 1978.
- TÖWS, R. L.** *O uso do solo na Avenida Brasil em Maringá-PR: Verticalização x legislação no período de 1990 a 2004.* (2006) Relatório de Iniciação Científica. Maringá: DGE: UEM, 2006.
- TÖWS, R. L.; MENDES, C. M.** *Verticalização x legislação na Avenida Brasil em Maringá no período de 1960-2004: algumas considerações.* Arqtextos, Portal Vitruvius, On-line, Texto Especial 410, V. 083, p.01-06, 2007.
- VIEIRA, E. M.; ALMEIDA, F. T.; ALVES, M. G.** *Uso do MDT e bacias de contribuição na seleção de pontos para o monitoramento da contaminação agrícola.* Anais XII Simpósio Brasileiro de sensoriamento remoto, Goiânia, Brasil. INPE, abril 2005.

