

# MINERAÇÃO DE DADOS PARA ANÁLISE DA DINÂMICA DE EXPANSÃO DOS PADRÕES URBANOS DE SÃO JOSÉ DOS CAMPOS - SP NO PERÍODO DE 2000 A 2015

Ana Lígia do Nascimento Martins<sup>1</sup> Maria Isabel Sobral Escada<sup>1</sup> Cláudia Maria de Almeida<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Avenida dos Astronautas, 1758 – Jardim da Granja, São José dos Campos – SP, 12227-010, Brasil. {analigia.martins@inpe.br; isabel@dpi.inpe.br; almeida@dsr.inpe.br}

## RESUMO

O desenvolvimento tecnológico e industrial no município de São José dos Campos vem contribuindo para o acelerado crescimento da cidade em regiões periféricas e centrais, nesse sentido, identificar a dinâmica de expansão faz-se útil para o planejamento adequado da cidade. O objetivo deste artigo foi analisar a dinâmica dos padrões urbanos do município entre 2000 e 2015, através do mapeamento da cobertura da terra, detecção de mudança e classificação dos padrões urbanos, utilizando o espaço celular e técnica de mineração de dados. Foi verificado o predomínio da dinâmica de expansão com padrões geométricos (69,23%) e borda do contínuo (22,98%), que correspondem a novos loteamentos de baixo, médio e alto padrão, além de empreendimentos de interesse social.

**Palavras-chave** — Expansão Urbana, Padrões Urbanos, Espaço Celular, Mineração de Dados, Árvore de Decisão.

## ABSTRACT

*The technological and industrial development in the municipality of São José dos Campos has contributed to the accelerated growth of the city in its peripheral and central regions. In these conditions, identifying the dynamic of urban sprawl is very convenient for urban planning. The objective of this paper was to analyze the dynamics of urban patterns from 2000 to 2015, through land cover mapping and change detection, besides classification of urban patterns using cell space and data mining techniques. It was verified the predominance of expansion dynamics with geometric (69.23%) and continuum borders patterns (23.98%), which correspond to low, medium and high standard settlements besides social housing.*

**Keywords** — Urban Sprawl, Urban Patterns, Cellular Space, Data Mining, Decision Tree.

## 1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o município de São José dos Campos (SJC), localizado no estado de São Paulo e na região do Vale do Paraíba, vem sendo marcado por um acelerado processo de crescimento periférico, que consiste na criação de áreas urbanizadas, especialmente para o uso residencial. Esse fenômeno ocorre nas bordas de interface entre a cidade e áreas de paisagem natural, compreendendo a formação de

novos núcleos urbanos, [1] tanto em regiões periféricas, quanto em regiões altamente valorizadas [2].

Atribui-se a essa expansão urbana o grande crescimento tecnológico e industrial da cidade, recorrente desde a instalação de infraestruturas militares em 1950, como o Instituto Tecnológico de Aeronáutica (ITA), Centro Técnico Aeroespacial (CTA), Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), além da Rodovia Federal Presidente Eurico Gaspar Dutra, que atraíram novas instalações em diversos setores da economia [3]. A implantação de novas indústrias no setor armamentista e aeronáutico em 1970 também colaborou para o reconhecimento da cidade como Pólo Tecnológico, ganhando visibilidade por sua posição geográfica privilegiada entre São Paulo e Rio de Janeiro [4].

Com um total de 148.332 habitantes na década de 1970, São José dos Campos passou a vivenciar um intenso processo de expansão urbana, atraindo moradores de municípios vizinhos, especialmente trabalhadores das indústrias da região. Em 1980, a cidade já possuía 287.513 habitantes e continuou a crescer, passando para 442.370 em 1991. Com o surgimento de loteamentos clandestinos e privados, configurando uma paisagem dicotômica no município [4], a população subiu para 539.313 habitantes em 2000, chegando a 672.556 habitantes em 2015[5].

Diante de um cenário de grande desenvolvimento, faz-se necessário o conhecimento da dinâmica dos padrões urbanos, a fim de contribuir para o planejamento futuro da cidade. Nesse contexto, o presente trabalho teve por objetivo analisar a dinâmica dos padrões urbanos de São José dos Campos entre 2000 e 2015, por meio do (1) mapeamento da cobertura da terra e detecção de mudança; (2) classificação dos padrões urbanos, utilizando o espaço celular como unidade espacial de análise e a técnica de mineração dados, para (3) reconhecimento da dinâmica dos padrões urbanos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Descrição da área de estudo

O estudo foi realizado na região urbana do município de São José dos Campos – SP (Figura 1), situado entre as coordenadas geográficas 23°10'47" S e 45°53'14" W. A cidade possui área total de 1.099,61 km<sup>2</sup> [6] e se divide entre os distritos de São Francisco Xavier, Eugênio de Melo e a área urbana com 353,9 km<sup>2</sup>, composta por seis regiões geográficas: Norte, Centro, Oeste, Leste, Sul e Sudeste [7]. Localizado no Planalto Atlântico, a uma altitude média de

600 m, o município é contornado pela Serra da Mantiqueira, cortado pelo rio Paraíba do Sul e Rodovia Federal Presidente Eurico Gaspar Dutra (BR-116), dois grandes eixos de expansão urbana no Vale do Paraíba [7].

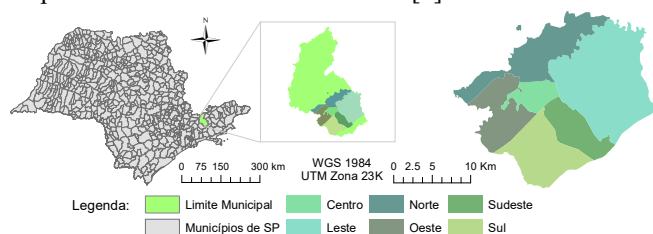


Figura 1 - Limite urbano e regiões geográficas de SJC.

## 2.2 Material utilizado

Para realização desse estudo, foram utilizadas imagens multiespectrais dos satélites Landsat, sendo uma delas do Landsat-5 TM (*Thematic Mapper*), adquirida no dia 29/09/2000, e a outra imagem do Landsat-8 OLI (*Operational Land Imager*), do dia 23/09/2015, correspondente a órbita/ponto 219/76, que envolve áreas que vão além do limite urbano do município, obtido via página web da prefeitura da cidade. Para o processamento dos dados, foram utilizados os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) *Spring* versão 5.1, *Terra View* versão 5.3.1 e o *plugin* do *TerraView GeoDMA – Geographic Data Mining Analyst* [8] para criação do espaço celular e mineração de dados, a fim de gerar a árvore de decisão por meio do algoritmo C4.5 [9], utilizada para classificação dos padrões urbanos.

## 2.3 Metodologia

Para o mapeamento da cobertura de São José dos Campos, foi realizada a segmentação por crescimento de regiões das imagens multiespectrais de 2000 e 2015, adotando grau de similaridade 10 e área mínima de 20 pixels para estabelecimento de uma região. Por meio da coleta de amostras de treinamento e teste, foi realizada a classificação supervisionada por regiões pelo algoritmo Bhattacharyya 99,9%, com posterior edição matricial. Em seguida, foi gerado o mapa de mudança de cobertura da terra, indicando quais classes foram convertidas em área construída no período compreendido entre 2000 e 2015.

A classificação dos padrões urbanos foi realizada adotando uma grade celular de 250 m x 250 m, escolhida empiricamente, partindo-se para a etapa de extração de atributos a partir de métricas de estrutura e composição da paisagem. Para tanto, foi adotada uma tipologia adaptada com base na proposta concebida por Dal'Asta [10], na qual são considerados cinco padrões: não urbano, difuso, geométrico, borda do contínuo e contínuo, conforme apresentado na Tabela 1.

Padrão	Tipologia	Descrição
	Não urbano	Área que não apresenta manchas de área construída, coberta por vegetação, solo exposto, agricultura, pastagem ou água.
	Difuso	Área com pequenas manchas de área construída, isoladas e desconectadas, associada a pequenos loteamentos e áreas de ocupação irregular.
	Geométrico	Área com manchas de área construída, regulares, de tamanho médio a grande, associada a novos e grandes loteamentos.
	Borda do Contínuo	Área com manchas ligadas a grandes extensões de áreas construídas, localizada nos limites e bordas de sedes urbanas.
	Contínuo	Área com predomínio de área construída. Associada a áreas urbanas contínuas, em estágio consolidado.

Tabela 1 - Tipologia dos padrões urbanos adotados para SJC.

Após a escolha das amostras de teste e treinamento baseada na tipologia de Dal'Asta, foi gerada a árvore de decisão para classificação dos padrões urbanos de 2000 e 2015, cuja trajetória foi analisada considerando dinâmicas de expansão e consolidação. Como expansão, foram consideradas as células que evoluíram de um padrão não urbano para um dos padrões de área construída, e como consolidação, foram consideradas as células que passaram de um padrão urbano para outro mais adensado.

## 3. RESULTADOS

### 3.1 Mapeamento da cobertura da área urbana

O mapeamento da cobertura de São José dos Campos nos anos 2000 e 2015 está apresentada na Figura 2. A exatidão global das classificações obtidas por meio das matrizes de confusão foi 0,9608 e 0,9639 para os anos 2000 e 2015 respectivamente, considerando sete classes de cobertura: vegetação, água, área construída, agricultura, solo exposto, pastagem e outros.

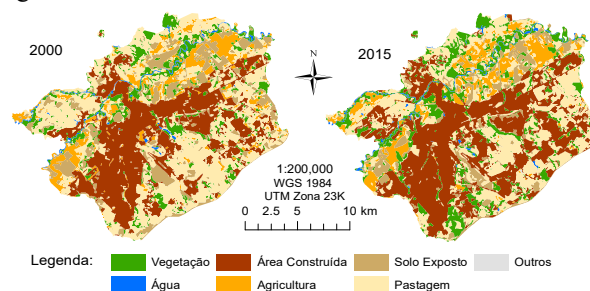


Figura 2 - Mapas da cobertura urbana de SJC em 2000 e 2015.

Nesse período, foi verificado um aumento de área construída em 16,67%, provenientes de áreas de pastagem (69,21%), solo exposto (17,21%), agricultura (7,16%) e

vegetação (6,42%), conforme o mapa de mudança de cobertura para área construída, apresentado na Figura 3.

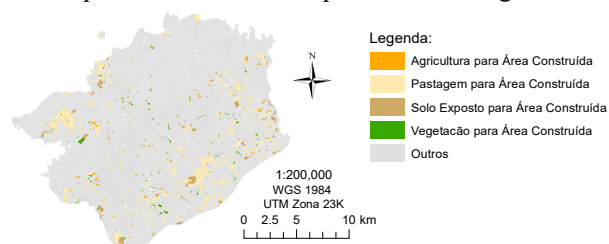


Figura 3 - Mapa de mudança de cobertura com as classes convertidas em área construída entre 2000 e 2015.

### 3.2 Classificação dos padrões urbanos

Através da técnica de mineração de dados, foi gerada a árvore de decisão (Figura 4) com cinco métricas de paisagens capazes de discriminar os padrões urbanos: área da classe (*Class Area, CA*), índice de diversidade de Shannon (*Shannon Diversity Index, SHDI*), riqueza das classes (*Patch Richness, PR*), densidade das classes (*Patch Density, PD*) e índice de forma média (*Mean Shape Index, MSI*).

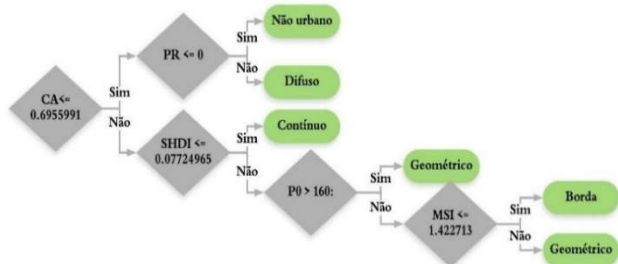


Figura 4 - Árvore de decisão extraída pelo plugin GeoDMA.

A classificação dos padrões urbanos foi realizada a partir da árvore de decisão (Figura 5) e teve exatidão global 0,9048. A área de estudo compreendeu um total de 5.928 células, sendo que em 2000, foram verificadas 3.192 células do padrão não urbano e 2.736 células de padrão urbano, entre as classes difuso, geométrico, borda do contínuo e contínuo. Em 2015, foi verificado um aumento em 22,15% das células do padrão urbano, totalizando 3.342 células, e conseqüentemente uma diminuição das células de padrão não urbano, que totalizaram 2.586 células.

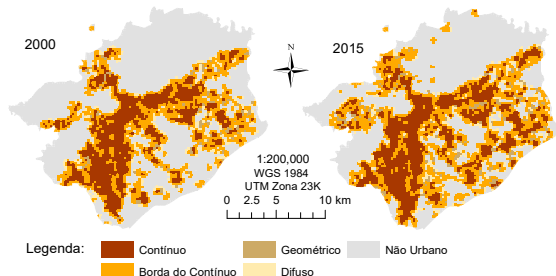


Figura 5 - Mapas dos padrões urbanos de SJC em 2000 e 2015.

A Figura 6 apresenta o total de células de cada um dos padrões urbanos em 2000 e 2015. O padrão geométrico

apresentou o maior aumento proporcional em 69,23%, seguido de borda do contínuo (22,98%), contínuo (17,85%) e difuso (17,67%). Conseqüentemente, o padrão do tipo não urbano teve uma diminuição de 18,98%.

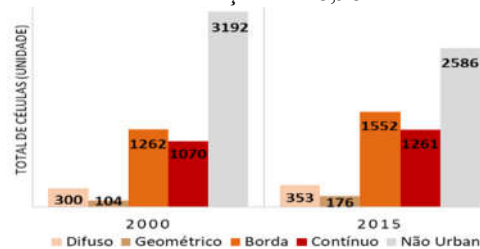


Figura 6 - Total de células de cada um dos padrões urbano do município de SJC nos anos 2000 e 2015.

### 3.3 Dinâmica dos padrões urbanos

A dinâmica dos padrões urbanos de São José dos Campos no período de 2000 e 2015 estão apresentados na Figura 7. Das 5.928 células da área de estudo, 793 apresentaram dinâmica de expansão e 531 tiveram dinâmica de consolidação. As células restantes foram consideradas como sem mudança.

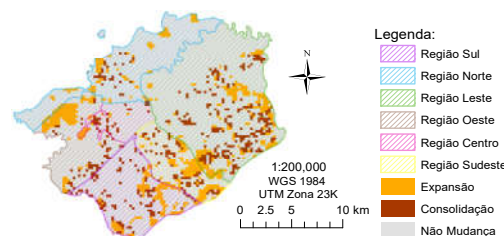


Figura 7 - Mapa da dinâmica dos padrões urbanos de SJC discriminados por região geográfica do município.

Analisando a porcentagem de células com dinâmica de expansão, consolidação e não mudança em cada uma das regiões geográficas (Figura 8), foi verificado que nas regiões Sudeste, Oeste, Sul, Norte e Leste houve predomínio de dinâmicas de expansão, e apenas na região Centro houve predomínio da dinâmica de consolidação.

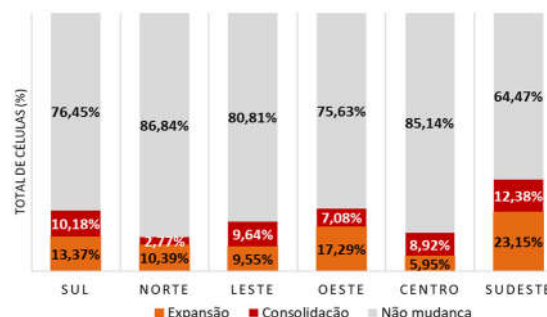


Figura 8 - Percentual das dinâmicas de expansão e consolidação nas regiões geográficas de SJC.

## 4. DISCUSSÃO

O predomínio das dinâmicas de expansão e padrões urbanos do tipo geométrico e borda do contínuo dispersas no entorno das áreas já consolidadas - conforme verificado previamente por Siani [11] - referem-se à criação dos mais de 40 loteamentos que foram aprovados e registrados entre os anos 2001 e 2014 [12].

A expansão urbana na região Sudeste foi marcada pela ocupação residencial na franja do Departamento de Ciência e Tecnologia Aeroespacial (DCTA) [13], a partir de loteamentos como o Terra Brasilis, Jardim Portal dos Pássaros e Residencial Fazenda Felicidade, aprovados entre 2006 e 2015. Também foram verificados empreendimentos dos programas habitacionais municipais e da Companhia de Desenvolvimento Habitacional e Urbano (CDHU) nos bairros São Judas, Santa Rosa, Vila Adriana, Putim e Tom Jobim [14].

Na região Oeste, houve a implantação de diversos condomínios e loteamentos de alto padrão, como os Residenciais Jaguar, Montserrat, Reserva do Parathy e Alphaville [12], apontando para o início da ligação entre áreas segregadas ao norte do rio Paraíba do Sul [13]. Na região Sul, foi verificada verticalização e novos loteamentos no Jardim Santa Edwiges, Altos da Quinta e Recanto Baronesa, aprovados entre 2006 e 2012, e empreendimentos sociais no Campo dos Alemães, Papa João Paulo II e Interlagos [14].

A região Leste foi marcada pela implantação de loteamentos de médio e baixo padrão nos bairros Jardim Santa Inês, Residencial Frei Galvão, Parque Novo Horizonte e Residencial Dom Bosco [12], e empreendimentos de interesse social nos bairros Campo de São José, Colinas I e II e Jardim Brasília, viabilizados pelo Programa Minha Casa Minha Vida, por meio da parceria entre os governos federal e estadual [14].

Na região Norte, a expansão urbana foi relativamente concêntrica [13], com a implantação de condomínios de médio e baixo padrão, como o Residencial Mantiqueira e Altos dos Ypes [14], e empreendimentos sociais na Vila Rossi, Boa Vista, Jaguar e São Geraldo, viabilizados pela prefeitura e CDHU. Por fim, na região Centro, houve predomínio da dinâmica de consolidação, com a aprovação de novos loteamentos, como Centro Empresarial Taquari e Jardim do Golfe em 2006 e 2015, respectivamente, além de empreendimentos sociais [14].

## 5. CONCLUSÕES

A metodologia adotada mostrou-se satisfatória para identificação de padrões e dinâmicas de expansão urbana no município de São José dos Campos, sendo simples e facilmente replicável para outras regiões. A árvore de decisão obtida para a classificação dos padrões urbanos foi coerente e útil, definindo os limites e métricas de paisagens que melhor diferenciaram os padrões de expansão urbana. A expansão urbana no período de estudo foi marcada pela criação de novos loteamentos de baixo, médio, alto padrão e

empreendimentos sociais, especialmente nas regiões Sudeste e Leste, além da consolidação urbana em áreas centrais.

## 6. AGRADECIMENTOS

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## REFERÊNCIAS

- [1] Toralles, C. P. Cidade e crescimento periférico: modelagem e simulação da formação de periferias urbanas com autômatos celulares. Dissertação de Mestrado. UFPel. 2013.
- [2] Colvero, A. A. Santos, R. M. S. A expansão urbana de São José dos Campos e o surgimento de loteamentos clandestinos na zona rural: o caso do loteamento Taquari. Univap. 1999.
- [3] Andrade, D. J. et al. Análise das relações entre as paisagens construídas e representações sociais dos municípios de São José dos Campos e Arapeí. Rev. Bras. Gest. Urb. v..10 n.1 Curitiba Jan. 2018.
- [4] Forlin, L. G. Costa, S. M. F. Urbanização e segregação socioespacial na cidade de São José dos Campos: o caso Pinheirinho. Geosul, Florian. v. 25, n. 49, p 123-158, jan./jun. 2010.
- [5] PMSJC. São José em dados 2016. Secr. Planejamento Urbano Departamento de Projetos Urbanísticos Divisão de Pesquisa.
- [6] PMSJC. Território. Prefeitura Municipal de São José dos Campos. 2018.
- [7] PMSJC. São José em Dados: 2012 - Informações sobre a cidade de São José dos Campos. Pref. Mun. de São José dos Campos. 2012.
- [8] Korting, T. S.; Fonseca, L. M.; Escada, M. I. S.; Silva, F. C.; Silva, M. P. S. GeoDMA: a novel system for spatial data mining. IEEE International Conference on Data Mining Workshops, Pisa, Italia, 2008. Anais... Pisa, Italia, 2008.
- [9] Quinlan, J. R. C4.5: Programs for Machine Learning. [s.l: s.n.]. v. 1p. 302
- [10] Dal' Asta, A. P. et al. Evolução do arranjo espacial urbano e das terras agrícolas no entorno de Santarém (Pará) no período de 1990 a 2010: Uma análise integrada baseada em sensoriamento remoto e espaços celulares SBSR Anais. Foz do Iguacu, PR: 2013
- [11] Siani, S. M. O. et al. A dinâmica dos padrões de cobertura urbana na Área de Proteção Ambiental Mananciais do Rio Paraíba do Sul. SBSR XVII, p. 4691-4689, 25 a 29 de abril de 2015.
- [12] PMSJC. São José dos Campos. Serviços. Tabela de loteamentos aprovados em São José dos Campos. 1990, 2000, 2015.
- [13] PMSJC. Plano Diretor de Mobilidade Urbana de São José dos Campos: Diagnóstico e Prognóstico. 2015.
- [14] PMSJC. Relatório preliminar da revisão do Plano Diretor de Desenvolvimento Integrado – PDDI 2016.