

Revista Brasileira de Cartografia (2013) N<sup>o</sup> 65/6: 1153-1166  
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto  
ISSN: 1808-0936

## **O USO DE IMAGENS MULTITEMPORAIS PARA O PLANEJAMENTO URBANO E CARACTERIZAÇÃO DE ÁREAS IRREGULARES**

*Use of Multitemporal Images for Urban Planning and Characterization of Irregular Areas*

**Yuzi Anai Zanardo Rosenfeldt & Carlos Loch**

**Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC**  
**Laboratório de Fotogrametria, Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento**

Caixa postal 476 - Brasil.  
yuzi.zanardo@posgrad.ufsc.br, Carlos.loch@ufsc.br

*Recebido em 30 de Novembro, 2012/ Aceito em 03 de Maio, 2013*  
*Received on November 30, 2012/ Accepted on May 03, 2013*

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta a análise de imagens multitemporais, produtos do sensoriamento remoto suborbital, como método para explicar a origem e evolução de estruturas fundiárias municipais. Utilizando-se desta técnica, demonstra-se que essas estruturas fundiárias são condicionantes para o desenvolvimento e expansão de áreas irregulares. O artigo está estruturado em três partes fundamentais. A primeira parte apresenta os conceitos fundamentais necessários ao entendimento do tema. A segunda apresenta o método utilizado para alcançar os objetivos específicos propostos e estrutura-se em: (i) método analítico; (ii) método cartográfico de investigação e (iii) técnicas de fotointerpretação utilizando classificação visual orientada a objetos. A terceira parte trata dos resultados e análises. São organizados visando à apresentação dos resultados da aplicação do método aos objetivos propostos. Na quadrícula escolhida para análise foram identificadas zonas com características homogêneas mediante o estabelecimento de classes nas quais foram identificadas as feições interpretadas. O SIG é apresentado como ferramenta de manipulação de dados e informações. A análise temporal regressiva identifica o surgimento, a expansão de áreas irregulares bem como a evolução da estrutura fundiária como condicionante para essa realidade. Apoiado por uma análise orientada a objetos, a utilização de imagens multiespectrais produzidas por voos aerofotogramétricos em escalas pequenas e alta resolução espacial facilitou a distinção de uma série de alvos urbanos. Permitiu o reconhecimento das diversas formas entre elas as formas geométricas e as texturas urbanas. Os resultados sugerem que a utilização de imagens multitemporais presta-se com eficiência para analisar a estrutura fundiária, explicar o surgimento e expansão de áreas irregulares e é ferramenta essencial para o planejamento urbano de uma área de interesse. As conclusões reconhecem que os produtos do sensoriamento remoto, bem como o método proposto devem ser utilizados para certificar e validar a existência dessas áreas. A utilização de imagens multiespectrais de alta resolução permitiu a classificação e interpretação das feições. A fotointerpretação das imagens apoiada na percepção do interprete e por uma análise orientada a objetos mostrou-se um método eficaz para áreas irregulares, garantido também pelo recorte reduzido da área de estudo.

**Palavras chaves:** Sensoriamento Remoto, Imagens Multitemporais, Fotointerpretação, Estrutura Fundiária.

### **ABSTRACT**

This paper presents the analysis of multitemporal images, suborbital remote sensing products, as a method to explain the origin and evolution of municipal agrarian structure. Using this technique, it is demonstrated that these agrarian

structure are limitations to the development and swell of irregular agrarian structure. The paper is structured into three main parts. The first part presents the fundamental concepts needed to understand the subject. The second presents the method used to achieve the specific objectives and are structured into: (i) the mapping method of research; (ii) analytical method and (iii) image interpretation techniques using visual object-oriented classification. The third part shows the results and analysis. They are organized to meet the show of the results of applying the method to the proposed objectives. In grid chosen for analysis were identified zone with homogeneous characteristics. Was used to establish classes for interpretation of features. The GIS is presented as a tool for manipulation of data and information. The temporal analysis identifies the source, the expansion of these irregular agrarian structure and the evolution of agrarian structure as a condition to this reality. Supported by an object-oriented analysis, the use of multispectral images produced by aerophotogrammetric flights on small scales and high spatial resolution facilitated the distinction of a series of urban targets. Allowed the recognition of the various forms among which the geometric shapes and textures urban. The results suggest that the use of multitemporal images is efficient to analyze the agrarian structure, to explain the emergence and expansion of uneven areas and is an essential tool for the urban planning of an area of interest. The conclusions recognize that the products of remote sensing, and the proposed method must be used to certify and validate the existence of these areas. The use of multispectral images to high resolution allowed the classification and interpretation of features. The photo-interpretation of images supported in the perception of the interpreter and an object-oriented analysis proved to be an effective method for irregular agrarian structure secured by clipping also reduced the study area.

**Keywords:** Remote Sensing, Multitemporal Images, Photointerpretation, Agrarian Structure.

## 1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos a demanda por tornar as cidades mais competitivas exigiu a criação de novas simbologias de construção de cidades. A pobreza urbana deixou de ser vista como uma questão de indivíduos e passou a ser tratada como uma questão estrutural das cidades (ARANTES, VAINER, MARICATO, 2000).

Internacionalmente, o reconhecimento da problemática urbana desde os anos de 1920, centrou-se nos problemas da habitação, pelos novos padrões de serviços e tipologias. A garantia do direito a moradia exigiu, nos anos de 1940, uma mudança das bases fundiárias, demandando uma efetiva regulação estatal, extensão das infraestruturas, financiamentos e subsídios.

No Brasil, as cidades projetadas foram produzidas mediante diagnósticos e soluções ideais, seguindo um modelo de planejamento tecnocrático, nos moldes dos conceitos apregoados pelos modernistas. Esta prática esbarrou no histórico modelo de desenvolvimento territorial brasileiro: todo arsenal regulatório que se dispõe convive com uma tradicional flexibilidade do uso e ocupação do solo. Tem raízes históricas, ratificadas pela fragilidade na demarcação e cadastro da propriedade da terra. A partir dos anos de 2001, com a aprovação da Lei do Estatuto das Cidades (Lei 10.257), tornou-se consenso que o planejamento urbano deve concatenar as mais diversas forças e conflitos

urbanos. A demanda passou a ser a de discutir não mais modelos de planejamento e sim as mais variadas formas de intervenção do poder público sobre os aspectos de ordem econômica, social, política, específicos da sociedade e do território.

A irregularidade fundiária constitui-se em um problema urbano recorrente em todos os países latinos. Citando como exemplo o caso brasileiro, o crescimento de domicílios favelados nos anos de 1991 e 2000 foi de 4,18% ao ano enquanto o parque domiciliar cresceu 1,01% no mesmo período (IBGE, 2010). Da totalidade de cidades, 33% afirmam possuir favelas e 53% alegam ter loteamentos irregulares ou clandestinos.

Embora a proporção da informalidade urbana seja menor se comparada ao das grandes metrópoles, o município de Itajaí, Santa Catarina, estudo de caso da presente pesquisa, apresenta situação semelhante. Mediante tal realidade o presente trabalho aborda a temática da regularização fundiária do ponto de vista técnico e instrumental. A obtenção de dados mediante técnicas de sensoriamento remoto ocupa lugar central nas discussões.

Este artigo objetiva-se a (i) apresentar produtos do sensoriamento remoto como fontes de dados para (i) análise e modelagem do crescimento urbano e alterações do uso do solo; (ii) análise a origem e evolução da estrutura fundiária para identificação do surgimento e expansão das áreas irregulares

e; (iii) caracterização da ocupação irregular identificada.

Este trabalho está estruturado em três partes fundamentais. A primeira parte apresenta os conceitos fundamentais necessários ao entendimento do tema. A segunda apresenta o método utilizado para alcançar os objetivos específicos e estrutura-se em: (i) método cartográfico de investigação; (ii) método analítico e (iii) técnicas de fotointerpretação utilizando de análise regressiva e classificação orientada a objetos. A terceira parte trata dos resultados e análises. São organizados visando a apresentação dos resultados da aplicação do método aos objetivos propostos e sua respectiva análise.

Utilizando-se de mosaicos multitemporais georreferenciados, ferramenta essencial para o planejamento urbano e análises territoriais de uma área de interesse, analisa-se a origem e evolução da estrutura fundiária. De posse da análise da estrutura fundiária buscou-se fazer as correlações para identificar o surgimento e expansão de áreas irregulares. Uma vez identificadas aplicou-se o método proposto de modo a caracterizá-las dentro do cenário municipal, especificamente na área urbana.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 A aerofotogrametria e a análise integrada de dados**

A Cartografia representa geometricamente o território e sua ocupação (LOCH, 2007). São nas plantas cadastrais que se tem a representação da relação jurídica existente na apropriação da terra pelo homem. Esta relação é representada pelas parcelas cadastrais nas quais são exercidos os direitos de propriedade ou posse (ERBA, 2005). Devem ainda ser capazes de representar fielmente as características que definem o território e responder aos objetivos estabelecidos para o estudo proposto (ARTIMO, 1994).

Para a obtenção dos dados necessários utilizam-se técnicas de sensoriamento remoto. Trata-se da medição ou aquisição de informações de um determinado objeto ou fenômeno, à distância (LUHMAN, 2000; WOLF, 1974; NOVO, 2010). Trazem o registro fidedigno no momento da captura da imagem e oferecem uma visão panorâmica para o planejamento.

Por paisagem entende-se a síntese de todos os elementos presentes em determinado local.

Pesquisadores tem se atentado à utilização de técnicas de sensoriamento remoto visando o mapeamento de áreas urbanas, como fontes de dados para a análise e modelagem do crescimento urbano e as alterações do uso do solo (BATTY & HOWES, 2001; CLARKE; PARKS, & CRANE, 2002; HEROLD ET AL, 2001; JENSEN E COWEN, 1999). Estes sistemas fornecem dados consistentes, em alta resolução espacial e temporal, (BATTY & HOWES 2001). Imagens adquiridas através processos fotogramétricos permite com exatidão a reconstrução das três dimensões do objeto observado sendo sistema de coordenadas, os elementos geométricos derivados ou formas gráficas (LUHMAN, 2000).

A escolha de um tipo de sensor esta diretamente vinculada às necessidades de informação que se deseja obter. A utilização de mapeamentos em escala pequenas (1:500.000; 1:250.000; 1:100.000) fornecem informações para o reconhecimento das paisagens em uma visão panorâmica. Escalas médias (entre 1/100.000 e 1/25.000) permitem a visualização de informações semidetalhadas. Elas permitem relacionar as paisagens predominantes com outras informações socioeconômicas (BOCCO, MENDOZA, VELASQUEZ 2001; LOCH, 2008). Apenas escalas grandes (1:10.000; 1:8.000; 1:5.000; 1:2.000) permitem uma análise da estrutura fundiária bem como ao nível da parcela cadastral (LOCH, 2008). O recobrimento de uma superfície com fotografias aéreas articuladas entre si, em formato de mosaico, é importante para métodos de fotointerpretação visual e estudos sistemáticos voltados à evolução da paisagem impactados pela ação do homem.

Para o mapeamento e atualização das bases cadastrais a utilização de produtos aerofotogramétricos, como é o caso das ortofotos são eficazes. Esta técnica utiliza câmeras com rigidez geométrica, acopladas em aeronaves e é destinada a obtenção de imagens fotográficas com estabilidade geométrica (ANDRADE, 2003). A Fotogrametria pode ser definida como a ciência, arte e tecnologia para a determinação de informações precisas de objetos e o meio ambiente, a partir do registro, mensuração e interpretação de imagens fotográficas (KRAUS, 1993). A principal aplicação é a compilação

de mapas topográficos baseados em medidas e informações extraídas das fotografias aéreas e espaciais (KRAUS, 1993). A ortofoto trata-se da compilação de um produto fotogramétrico gerado das correções geométricas de fotografias aéreas, permitindo que delas se possam extrair informações métricas.

Os avanços tecnológicos do sensoriamento remoto e o desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) expandiram as possibilidades de levantamento e integração de informações sobre o território (LANG E BLASCHKE, 2009). Trata-se de um conjunto de programas computacionais que integram dados, equipamentos e pessoas com o objetivo de coletar, armazenar, recuperar, manipular, visualizar e analisar dados espacialmente referenciados a um sistema de coordenadas conhecido (FITZ, 2008).

A característica básica consiste em tratar uma base de dados. A composição dos dados permite análises geográficas variadas. Por base de dados entende dados cartográficos na forma alfanumérica, vetorial ou matricial (*raster*), que descrevem as características geográficas da superfície (forma e posição), integrando dados alfanuméricos que descrevem os atributos destas características (ROCHA, 2000; FITZ, 2008). A base de dados cadastrais unifica os vários arquivos de dados organizados em base única de forma a não haver repetição de informações.

No Brasil, as bases cartográficas utilizam-se do Sistema Geodésico Brasileiro como referência (SGB). Este sistema é composto por rede altimétrica, gravimétrica e planimetria. A altimetria vincula-se ao geóide (figura equipotencial do campo gravitacional da terra) e tem como marco “zero” o marégrafo de localizado no município de Imbituba/SC. O referencial de planimetria define a superfície, origem e orientação do sistema de coordenadas usado para mapeamento e georreferenciamento. O elipsoide e a orientação (ponto de origem da base do sistema) definem diferentes sistemas, atualmente em uso o sistema SIRGAS 2000. O sistema de coordenada utilizado pode ser o geográfico ou plano retangular (UTM).

A estruturação de um mapa e deve conter ainda os seguintes elementos: título, convenções ou legendas, base de origem, referência ou fonte,

indicação de norte, indicação de escala, sistema de projeção e sistema de coordenadas.

## 2.2 As origens da irregularidade fundiária no Brasil

A disponibilização do cadastro como complemento ao Código Civil, data sua origem do por Napoleão Bonaparte, Século XIX. Na maior parte dos países desenvolvidos o Cadastro Territorial é entendido como um registro público sistematizado dos bens imóveis de uma jurisdição (ERBA, 2007). Tal cadastro contempla os aspectos jurídicos, geométricos e econômicos. Sua instituição tem por finalidade primária a distribuição da carga fiscal e planejamento do ordenamento territorial.

A principal origem das irregularidades fundiárias brasileiras é a não exigência por parte do Registro de Imóveis (RI) da definição de uma unidade cadastral delimitada por vértices com coordenadas. Este procedimento permitiria ao imóvel tornar-se uma parcela única no território. As questões que permeiam a regularidade ou não da terra consiste da necessidade de reconhecimento dos tipos de limites da parcela cadastral. Os conflitos oriundos das diferenças entre os *limites legais*, materializados ou não e o *limite da posse* determinado pelo uso do imóvel, representam parte os conflitos fundiários.

Apenas o cadastro rural, regulamentado pela Lei 10.267/01, exige a definição dos vértices das propriedades estabelecidos por coordenadas. No caso dos imóveis urbanos, onde o preço e a demanda do solo são maiores, não se tem uma lei que exige a demarcação de imóveis com coordenadas com precisão e sistemas definidos que garanta a unicidade de cada parcela. Este procedimento recorre na sobreposição de títulos de propriedade, dificuldade de amarração com malha urbana e muitas vezes desconhecimento por parte dos proprietários e do poder público dos limites das propriedades privadas e públicas, respectivamente.

Considerando-se estes fatores, somado ao aumento da concentração populacional, dos índices de pobreza nos centros urbanos e, à falta de uma cultura quanto ao valor do título de registro de imóveis atrelado a cada unidade cadastral, percebem-se as razões da irregularidade fundiária no Brasil.

### 2.3 Classificação de imagens orientada a objetos

A classificação de imagens pode ser realizada em imagens analógicas, digitalizadas ou digitais de forma automática, semiautomática, supervisionada ou não ou ainda, por métodos de classificação visual, mediante técnicas de fotointerpretação.

O parâmetro de escala é o fator mais importante para controlar o tamanho dos objetos e é responsável pelo reconhecimento das diversas formas entre elas as geométricas. Os critérios de homogeneidade (cor e forma) definem a uniformidade dos objetos.

Nas imagens digitais a classificação é definida como a identificação de determinados elementos presentes pela associação de cada um deles a uma determinada classe preestabelecida (FITZ, 2008). Os reconhecidos métodos de análise estão divididos em *reclassificação*, *sobreposição*, *vizinhança* ou *contextualização* das imagens sendo: fusão de duas ou mais feições em uma só composição, lógica (booleana “and” ou “or”, etc) e aritmética (somadas, subtrações, multiplicações, não utilizada para vetores) e parâmetros de distância entre os elementos identificados no mapa, respectivamente (FITZ, 2008).

A classificação das imagens é normalmente feita através da classificação automática supervisionada ou não supervisionada. A classificação supervisionada considera cada classe espectral descrita a partir de amostras fornecidas pelo analista. Na classificação não supervisionada os *pixels* de uma imagem são alocados sem que o usuário tenha conhecimento prévio de sua existência (NOVO, 2008).

A classificação automática orientada a objetos utilizando imagens de baixas e médias resoluções, satélite LANDSAT, ASTER e IKONOS MS (4m) e IKONOS PSM (1m), foi testada com eficiência para extensas áreas como é o caso da Amazônia brasileira. Nestes casos, em função da baixa e média resolução dos sensores se observou uma dependência mútua entre objetos, definida como rede semântica espacial. Nelas os objetos criados na segmentação possuem relações hierárquicas entre si onde os mesmos não podem ser definidos somente pela característica espectral e de forma (textura), mas

também pelas relações de vizinhança entre os objetos (MONTEIRO; LINGNAU; SOUZA, 2007).

Pesquisas têm sido realizadas para estudos em áreas urbanas com o objetivo de mapear alvos urbanos utilizando sensores de alta resolução espacial apoiados por dados auxiliares (sensor LIDAR). Os pesquisadores obtêm resultados positivos na melhora dos resultados da classificação uma vez que as baixas resoluções espectrais das imagens com alta resolução espacial dificultam a discriminação de objetos urbanos com respostas espectrais semelhantes. (RIBEIRO; FONSECA; KUX, 2011).

Outras iniciativas têm sido notadas na utilização de satélite Quickbird utilizando-se de segmentação orientada a objeto multiresolução com apoio de informações de contexto e a classificação hierárquica a partir da identificação do comportamento dos objetos e modelagem das funções de pertinência por Lógica Fuzzy. Estas pesquisas permitem estabelecer níveis de classificação (Antunes, 2011).

Em áreas urbanas de recorte reduzido, como é o caso das áreas irregulares aqui apresentadas tendo com disponibilidade fotografias aéreas digitais de alta resolução (proveniente de aerolevanteamento), a classificação visual orientada a objetos é recomendada. Esta se baseia na percepção do interprete e que demanda o conhecimento prévio da área de estudo (características geomorfológicas e antrópicas).

A fotointerpretação realiza estudos de imagens fotográficas, fotografia aérea ou imagem de satélite, utilizando-se de elementos para o reconhecimento das feições na superfície terrestre (SILVEIRA E LESSA, 2011).

A classificação das imagens feita de forma visual trata-se de uma interpretação orientada a objetos na qual o analista “interpreta” as cores, padrões, formas e texturas, a partir de uma inspeção visual. (ANGUITA et. al., 2006). Na interpretação de imagens outros elementos devem ser considerados entre eles o sombreamento, a tonalidade e a coloração, sendo a posição com relação ao trópico de Capricórnio, a variação de tons de cinza ou interpretações diferenciadas na escala do espectro eletromagnético e o comprimento de ondas disponíveis, provenientes de sensores multispectrais, respectivamente.

As áreas irregulares são caracterizadas dentro da área urbana como possuindo certa homogeneidade, uma vez que cores, formas, texturas e tamanhos dos objetos visualizados apresentam um comportamento uniforme. Neste caso, as diferentes texturas interpretadas apresentam pouca variação entre si.

### 3. ÁREA DE ESTUDO

O município de Itajaí localiza-se na zona litorânea Norte do estado de Santa Catarina, região Sul do Brasil. Têm Coordenadas: Latitude:  $-26^{\circ} 54' 28''$ . / Longitude:  $-48^{\circ} 39' 43''$ , como ponto de referencia. Seus limites territoriais são ao norte com o Rio Itajaí-Açu e o município de Navegantes, ao sul com Balneário Camboriú e Camboriú, ao leste com o Oceano Atlântico e ao oeste com Ilhota, Gaspar e Brusque. O Município encontra-se no eixo rodoviário mais importante do sul do Brasil, a BR-101, conectado diretamente pela BR-470, ligação que se faz com o município de Blumenau e também com os demais municípios do oeste catarinense e pela SC-486, com a cidade de Brusque (Fig. 1).

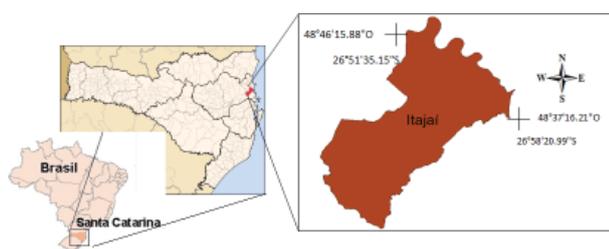


Fig. 1 - Mapa de localização do município de Itajaí/SC, coordenadas:  $-26^{\circ} 54' 28''$  S. /  $-48^{\circ} 39' 43''$  O.

O município é caracterizado por seu dinamismo econômico. Possui a segunda maior renda *per capita* (PIB) do estado e a maior renda *per capita* catarinense (IBGE, 2005). Apresenta como principais atividades econômicas um tripé entre as atividades portuárias, comércio atacadista de combustível e pesca. O setor de produção industrial também exerce importante papel na arrecadação do município, bem como a comercialização de gêneros alimentícios.

Ocupa uma área de 289,255 km<sup>2</sup>, dos quais 78 km<sup>2</sup> constituem a área urbana, que abriga aproximadamente, 94,6% de sua população total, estimada em 183.373 habitantes. A densidade populacional de 633,75 hab./km<sup>2</sup>

(IBGE, 2010). Conta atualmente com 28 bairros que contemplam toda extensão territorial do município. A população é representativamente formada por descendentes alemães, italianos e açorianos.

Apresenta *déficit* habitacional de 6.71% (IBGE, 2010). Aproximadamente 40% do território municipal se enquadram em algum tipo de irregularidade fundiária (Secretaria de Habitação Municipal). Em função das características geomorfológicas metade da área atropizada do município encontra-se em áreas de fragilidade ambiental média sendo declividade de morros a oeste e sudoeste e depósitos aluvionares a norte pelos rios Itajaí-Açu e afluentes (GERCO, 1999). Tais irregularidades são caracterizadas pela ocupação de encostas, margens de rios, fundos de vales e áreas de mangues. Os loteamentos irregulares e/ou clandestinos estão condicionados a uma carência de infraestrutura básica, segundo dados da Secretaria de Habitação do município apresentados no ano de 2007.

No que se refere à geomorfologia, o município de Itajaí localiza-se na bacia hidrográfica do Rio Itajaí. Trata-se de bacia com 15.000km<sup>2</sup> de área, abrigam 46 municípios e aproximadamente uma população de 1.509.273 (IBGE, 2010). Com altitudes variando entre 0 e 1500 m, a bacia é dividida em alto, médio e baixo vale. O alto vale caracteriza-se por formações montanhosas e patamares. O médio vale caracteriza-se por relevo acidentado e alta densidade de drenagem. O baixo vale, onde se localiza o município de Itajaí é um ponto de convergência do restante da bacia, uma grande planície de inundação.

### 4. MATERIAL E MÉTODO

Este capítulo apresenta o conjunto de etapas intelectuais e técnicas, dispostas sistematicamente visando alcançar os objetivos específicos.

Esta pesquisa tem por base o reconhecimento das características do território, objeto de análise determinada pela forma como ocorre o processo de apropriação do sítio ao longo dos tempos. O conhecimento do meio físico, apoiado por suas transformações ao longo dos tempos, permite estruturar a base para o planejamento que considera as características originais do processo de ocupação territorial.

De modo a ilustrar o método definiu-se uma quadrícula para análise, Coordenadas  $-48^{\circ}40'28.01''\text{O}$  e  $-26^{\circ}55'04.58''\text{S}$ ,  $-48^{\circ}39'53.49''\text{O}$  e  $-26^{\circ}55'38.14''\text{S}$ . O interesse por este recorte se dá pelo fato que se trata de uma área de relevante interesse municipal. Nele localiza-se um importante corredor viário que conecta municípios como Brusque e Balneário Camboriú. Na quadricula maior é possível identificar de forma vetorizada o Rio Itajaí-Mirim (sentido norte-sul), um representativo elemento gerador de condicionantes urbanas (Fig. 2).

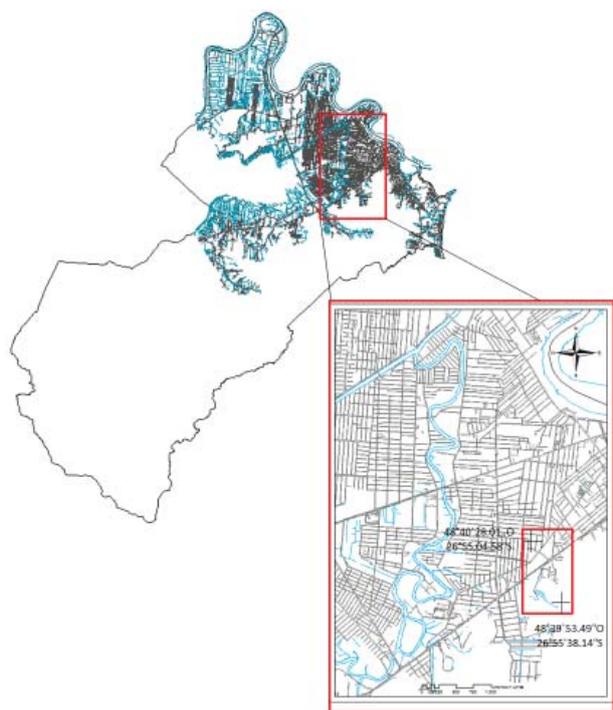


Fig. 2 - Quadrícula para análise. Coordenadas  $48^{\circ}40'28.01''\text{O}$  e  $26^{\circ}55'04.58''\text{S}$ ,  $48^{\circ}39'53.49''\text{O}$  e  $26^{\circ}55'38.14''\text{S}$  Localizada ao sul do da área urbana do município de Itajaí.

Para esta pesquisa, na qual demanda análises territoriais, adotou-se a utilização do método cartográfico de investigação. Utilizando-se de um conjunto de procedimentos computacionais, operados em ambiente SIG é possível tornar os dados obtidos pelo sensoriamento remoto manipuláveis em um sistema de processamento automático.

Esta proposta metodológica utilizou-se da construção de mosaicos multitemporais, georreferenciados que mediante processo analítico permite fazer avaliações temporais para o mapeamento sistemático da área, objeto em análise. Para o sucesso desse procedimento

é necessário o conhecimento geral da área para posterior reconhecimento em nível específico (LOCH, 2008).

A disponibilidade das fotografias em formato de mosaicos georreferenciados compatibiliza estas imagens ao sistema de coordenadas compatível com a base cartográfica e permite uma análise panorâmica da área de estudo. Possibilita fazer uma análise da expansão urbana do município identificando os processos de organização espacial do território e da consolidação da estrutura fundiária municipal. Apoiado por um sistema de classificação do uso do solo e de sua cobertura é possível identificar o surgimento e expansão das áreas com ocupação irregular, bem como a certificar de onde o processo é histórico e consolidado (fig. 3).

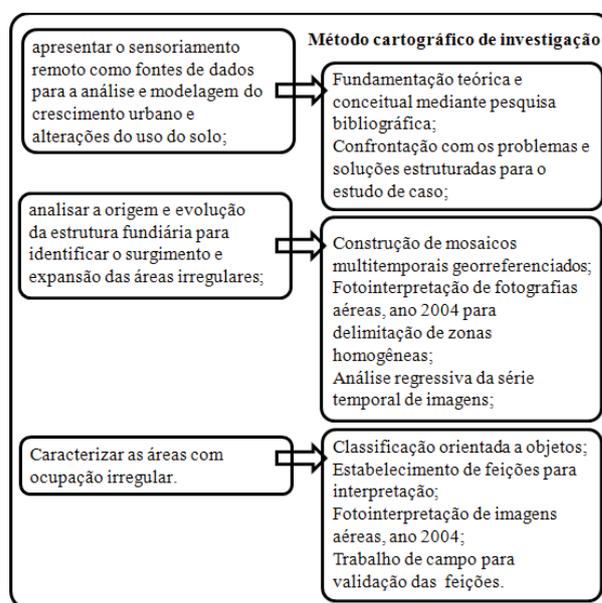


Fig. 3 - etapas técnicas para o cumprimento dos objetivos.

Para este estudo foram utilizados os seguintes dados:

1. Fotografias do voo aerofotogramétrico de 1938, do Estado de Santa Catarina, cobertura da faixa litorânea do município, obtidas na Secretaria de Patrimônio da União (SPU), na escala 1:20.000;
2. Fotografias do voo aerofotogramétrico de 1995, do Estado de Santa Catarina, cobertura da faixa litorânea do município, realizado pela empresa Aeroimagem S/A, na escala 1:12.500; obtidas junto a Secretaria de Patrimônio da União de Santa Catarina (SPU);

3. Fotografias do voo aerofotogramétrico de 1979, escala 1:8.000, obtidas junto a Secretaria de Patrimônio da União de Santa Catarina (SPU);

4. Fotografias do voo aerofotogramétrico de 2004, realizado pela empresa Aeroimagem S/A, na escala 1:8000, obtido junto a Prefeitura Municipal de Itajaí;

5. Restituição aerofotogramétrica de 2006 (formato .*dwg*), escala 1:2.000; Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas, Datum Horizontal SIRGAS2000); projeção UTM, equidistância das curvas de nível =1m; realizado pela empresa Aeroconsult, obtidas junto a Prefeitura Municipal de Itajaí; as fotografias aéreas, produtos do sensoriamento remoto.

Para ilustrar o presente artigo, dentro da quadrícula escolhida para análise, estabeleceram-se algumas áreas amostrais, reconhecidas por suas estruturas homogêneas interpretadas nas fotografias aéreas de 2004. Estas áreas permitiram apresentar as diferentes formas de relevo e suas consequências para a evolução da antropização ao longo dos anos.

Foram identificadas zonas com características homogêneas sendo: (i) alta densidade de edificações com características de pequeno porte ou tamanho; (ii) área onde não é possível reconhecer o limite das propriedades ou estrutura fundiária; (iii) ausência de traçado viário e (iv) presença de caminhos e/ou vielas; (v) mata nativa e (vi) campo. Os espaços residenciais são homogêneos entre si e podem agregar um ou mais bairros, reconhecidos como limite político, em função das semelhanças.

A homogeneidade pode ser reconhecida pelas diferentes texturas urbanas identificadas através de uma visão aérea (FITZ, 2008). Neste sentido, o entendimento é de que sob os vários aspectos, as áreas com ocupações irregulares, ao menos aquelas consolidadas, devem ser entendidas como zonas homogêneas. Houve a necessidade do estabelecimento de classes nas quais foram identificadas as feições interpretadas. Estas classes devem ser representativas para toda área de estudo, as quais estão apresentadas no quadro 1.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Visando atender aos objetivos propostos neste trabalho, após a aplicação do método apresentam-se os resultados obtidos.

Quadro 1: Classes de feições, seguido de sua descrição, amostra, respectivamente.

|             |  |   |
|-------------|--|---|
| Densidade   | Área onde não é possível reconhecer o limite da propriedade ou estrutura fundiária e /ou arruamento. |    |
| Mata Nativa | Áreas com densa arborização  |    |
| Campo       | Áreas com árvores esparsas ou nenhuma vegetação arbórea  |  |

### 5.1 Identificação das zonas homogêneas

Apoiado por *software* de SIG, a interpretação das feições permitiu a delimitação das zonas homogêneas (fig. 4), delimitada pela quadrícula, coordenadas 48°40'28 01''O e 26°55' 04 58'' S, 48°39'53 49''O e 26°55' 38 14'' S, sao elas a localidade Nossa Senhora das Graças (área 1) e a localidade Vila da Paz (área 2) (fig. 2).



Fig. 4 - Delimitação das zonas homogêneas a partir da interpretação das feições.

De posse das zonas homogêneas identificadas, a análise temporal regressiva identificou o surgimento da ocupação antrópica, analisou a expansão destas áreas bem como a evolução da estrutura fundiária como condicionante para a realidade identificada no mosaico de 2004.

## 5.2 Identificação do surgimento e expansão das áreas irregulares

Historicamente, o crescimento do município de Itajaí deu-se sem um tipo de gestão do espaço planejado. Os elementos estruturadores da cidade foram a igreja emoldurada pela praça, influencia portuguesa, as ruas paralelas entre si e perpendiculares ao rio formando áreas comerciais com características lineares, características provenientes da influencia alemã. A partir desta estrutura a cidade se expandiu, (PELUSO, 1953).

Colonizado predominantemente por portugueses e alemães e tendo como origem a função portuária, Itajaí teve sua ocupação antrópica localizada no Baixo Vale. Esta ocupação foi ajustada à margem da foz do Rio Itajaí-Açu e foram condicionadas pela topografia que determinaram a estrutura fundiária do município. A geomorfologia do Vale do Itajaí propiciou o estabelecimento de uma estrutura fundiária constituída por grandes glebas de terras, estreitas e compridas, paralelas entre si e perpendiculares ao rio, que partia do fundo do vale até o topo da montanha. A tipologia da ocupação territorial deu-se em função da ausência de vias de acesso às glebas, tomando o próprio rio como elemento gerador de condicionantes urbanas. Seu sistema viário esteve sempre associado ao quadro físico natural, relevo e hidrografia.

No mosaico montado a partir das imagens aéreas de 2004, foi possível identificar o conjunto de loteamentos totalmente consolidados em formato de uma malha xadrez limitado pela estrutura fundiária original, além de glebas perpendiculares aos rios e por ele limitados com eixos estruturantes bastante definidos.

Uma vez tendo extraído as feições para a delimitação das zonas homogêneas (fig. 4), foi possível verificar que a localidade Nossa Senhora das Graças (área 1) apresentava-se totalmente consolidada. Interpretando as imagens observou-se que na localidade haviam ruas pavimentadas,

adensamento de edificações, vegetação de médio porte e ausência de área sem cobertura vegetal o que caracteriza uma área ocupada. Já na localidade Vila da Paz (área 2) identificou-se características opostas. Na localidade não se identificou ruas pavimentadas, o adensamento era predominantemente localizado próximo à área 1, vegetação de médio/grande porte e existência de áreas sem cobertura vegetal o que caracteriza uma área com ocupação recente. (fig. 5).

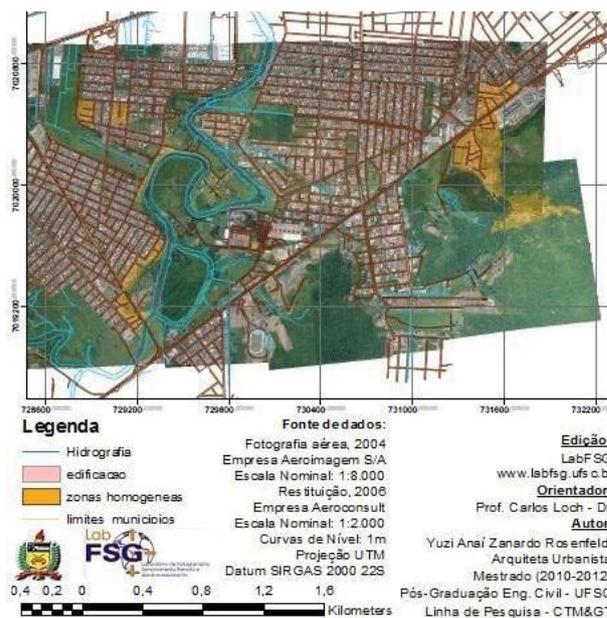


Fig. 5 - Mosaico com zonas homogêneas identificadas nas fotografias de 2004.

O mosaico das fotografias aéreas do ano de 1995 ilustra o município em processo de urbanização bastante consolidado. A localidade Nossa Senhora das Graças (área 1), em função de sua proximidade com o centro urbano do município, adensou-se e consolidou nesta época. Identificou-se também um processo de crescimento e expansão em direção aos seus próprios limites ocupados. Este processo permitiu o surgimento da localidade identificada como Vila da Paz (área 2) (fig. 6).

A partir da década de 1950, a cidade se expandiu na direção de dois novos eixos: na direção de Blumenau (Bairro Cordeiros) e na direção de Brusque - Zona rural Limoeiro, onde o ramal ferroviário com o Alto Vale (Trombudo Central) teve grande importância e até sua desativação em 1972. Este fato imprimiu um

processo de urbanização, como por exemplo, o bairro de Itaipava. Reflexos deste processo e por localizar-se neste mesmo corredor ferroviário foi possível identificar nesta época um adensamento da Localidade Nossa Senhora das Graças (área 1). Esta condição permite afirmar que a Localidade Vila da Paz (área 2) tratava-se de subproduto do processo de expansão da própria localidade Nossa Senhora das Graças (fig. 7).

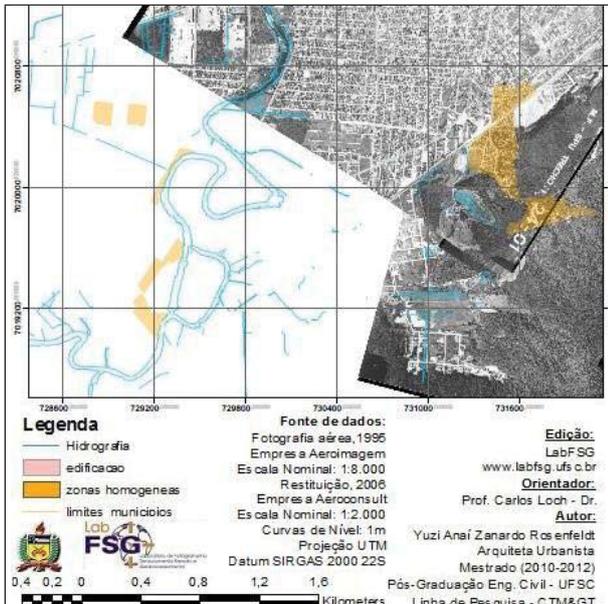


Fig. 6 - Mosaico com zonas homogêneas identificadas nas fotografias de 1995, com zonas homogêneas identificadas nas fotografias de 2004.

No mosaico de 1938 foi possível notar os principais corredores viários, os eixos estruturantes do sistema viário do município e a ausência de um traçado urbano em formato xadrez. Para a representação foi adicionado a camada vetorial de hidrografia no intuito de indicar, por meio de representação, o Rio Itajaí-Mirim. Nesta época foi possível identificar na localidade Nossa Senhora das Graças (área 1) o eixo estruturante principal. Partindo da estrada primitiva que ligava as localidades mais longínquas como Limoeiro (hoje zona rural) uma rua perpendicular à principal contorna o sopé do morro, a qual era naturalmente interrompida em função da geomorfologia local. Comparando com os demais mosaicos percebeu-se que se tratava de um eixo estruturante uma vez que propiciou o surgimento dos demais acessos e

caminhos, abertos para dar espaço ao processo de ocupação da área. Na localidade Vila da Paz (área 2) não se identificou nenhum tipo de ocupação antrópica, nem ao menos nenhum tipo de caminho primitivo que pudesse justificar posterior ocupação (fig. 8).

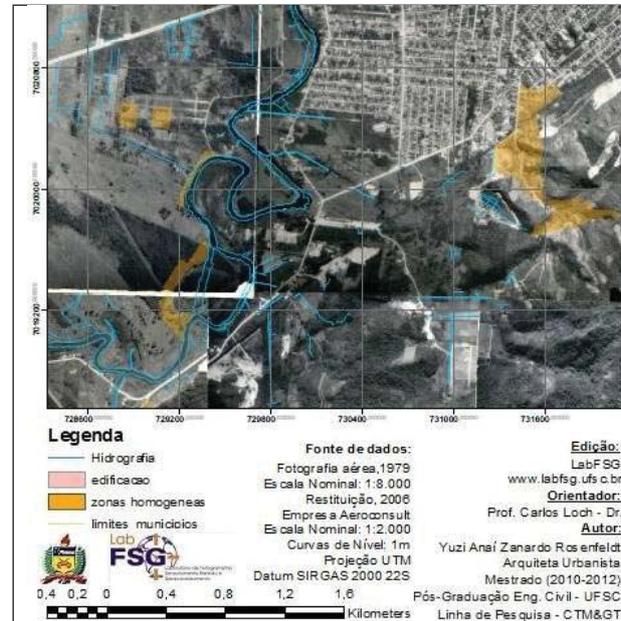


Fig. 7 - Mosaico com zonas homogêneas identificadas nas fotografias de 1979, com zonas homogêneas identificadas nas fotografias de 2004.

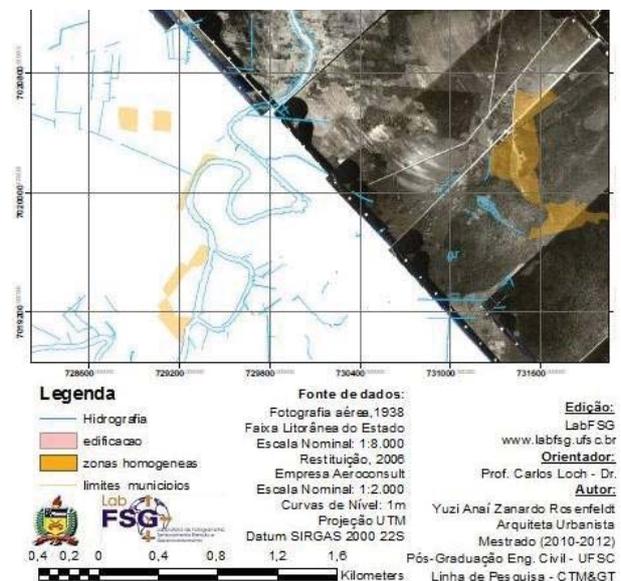


Fig. 8 - Mosaico com zonas homogêneas identificadas nas fotografias de 1938, com zonas homogêneas identificadas nas fotografias de 2004.

### 5.3 Interpretação das feições apoiado pela classificação visual orientada a objetos

É sabido que a utilização de imagens de alta resolução constitui em importante fonte de obtenção de dados e informações. Possibilita a identificação de feições permitindo a construção de mapas de uso do solo e coberturas detalhados.

As fotografias utilizadas neste trabalho, descritas no capítulo 4, permitiram a extração de informações mediante interpretação visual. Para áreas com tamanho reduzido tratou-se de um procedimento viável. A fotografia do ano de 2004, por ser uma imagem multiespectral facilitou a distinção de uma série de alvos urbanos, porque possuíam bandas espectrais do visível. Nelas foi possível a distinção, por exemplo, entre ruas pavimentadas ou não, edificações com coberturas de amianto ou cerâmica, etc.

Apoiado por uma análise orientada a objetos agregou a inserção do conhecimento do analista para a identificação das feições que apoiadas por trabalho de campo permitiu a validação das amostras. Este método foi utilizado para identificar e classificar objetos existentes na área de estudo. Partiu-se do entendimento que a informação buscada está presentes no objeto, nas relações existentes entre eles e que possibilita uma comparação e não se baseia no *pixel* da imagem (DEFINIENS, 2003).

A figura 9 representa na fotografia aérea de 2004 a identificação um objeto (árvore) com uma copa grande, coordenada  $-26^{\circ} 55'10 06''$  S e  $-48^{\circ} 40'09 92''$  O. Este porte de vegetação é característico de áreas onde a ocupação antrópica é antiga já havendo se consolidado. A afirmação esta comprovada pela análise multitemporal das imagens que identificou o surgimento desta localidade nos anos de 1938 e sua consolidação nos anos de 1995. A Figura 10 valida o objeto identificado.

Representando outro objeto identificado (edificação), coordenada  $-26^{\circ} 55'20 30''$  S e  $-48^{\circ} 40'07 89''$  O. O exemplo é ilustrado na figura 11 e 12, respectivamente.

Percebe-se pela coloração acinzentada escuro, com forma perfeitamente retangular que se trata de cobertura com telha tipo fibrocimento, parecido em boa parte com as coberturas do seu

entorno, variando apenas em tamanho. Ademais as telhas cerâmicas apresentam variações de laranja ou marrom, escuro ou claro (ALMEIDA, CÂMARA e MONTEIRO, 2007).

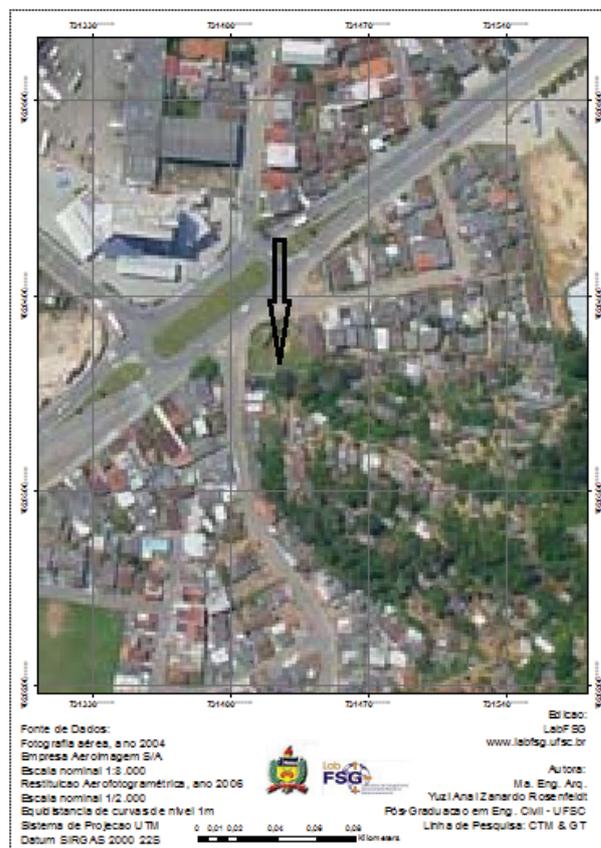


Fig. 9 - Exemplo de identificação de objeto (árvore) na fotografia aérea. Coordenada  $-26^{\circ} 55'10 06''$  S e  $-48^{\circ} 40'09 92''$  O.



Fig. 10 - fotografias terrestres para validação do objeto identificado

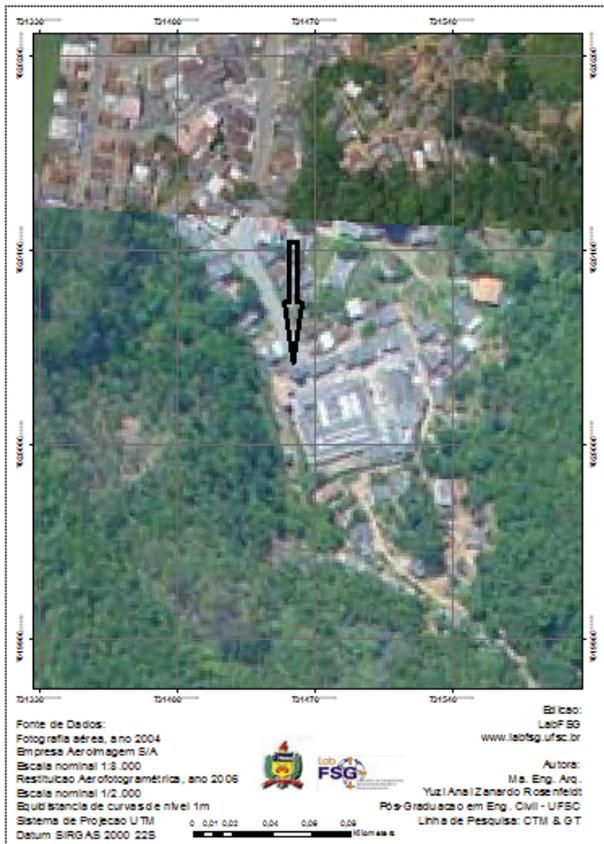


Fig. 11 - Exemplo de identificação de objeto (edificação) na fotografia aérea. Coordenada  $-26^{\circ} 55'20'' 30''$  S e  $-48^{\circ} 40'07'' 89''$  O



Fig. 12 - Fotografias terrestres para validação do objeto identificado.

## 6. CONCLUSÕES

A utilização de técnica processamento de imagens, utilizando-se de interpretação das feições apoiado pela classificação visual orientada a objetos, se presta com eficiência para análise temporal do uso da terra. Trata-se de uma importante fonte de dados para a análise e modelagem do crescimento urbano e alterações no uso do solo.

A construção de mosaicos georreferenciados das fotografias aéreas permitiu a visão panorâmica da área de estudo, necessária ao planejamento urbano. A análise sistemática por técnicas de fotointerpretação e a utilização de fotografias aéreas integradas com as fotografias terrestres e base cartográfica permitiu obter resultados eficientes quanto à evolução da antropização urbana.

A estrutura fundiária do município foi determinante para fornecer as condições para a utilização do espaço. Os processos históricos de colonização, associada à geomorfologia do Vale do Itajaí propiciou o estabelecimento de uma estrutura fundiária constituída por grandes glebas de terras, estreitas e compridas, paralelas entre si e perpendiculares aos rios. A estrutura geomorfológica, recortada por rios, cria restrições a uma estrutura fundiária em formato xadrez. No entanto, a geomorfologia do baixo vale, em boa parte caracteriza-se por poucas variações de altitude, apresenta características planas. Isso permitiu que uma vez tendo sido definidas as glebas perpendiculares aos rios, os processos de parcelamento do solo dentro das glebas se constituíssem em formato xadrez.

Mediante processo analítico, este procedimento de mapeamento possibilitou fazer uma análise da expansão urbana no município identificando (i) os processos de organização espacial do território, (ii) estruturação, (iii) consolidação da estrutura fundiária do município. Partindo da análise da estrutura fundiária foi possível identificar o processo de expansão e adensamento das áreas com ocupação irregular além de certificar as áreas onde o processo de ocupação é histórico e consolidado.

O estabelecimento de classes de feições apoiado pelo método de fotointerpretação de imagens aéreas permitiu reconhecer zonas homogêneas, áreas com as características estabelecidas pelas classes identificadas visualmente no mosaico das fotografias aéreas, ano de 2004. Estas características, validadas por trabalho de campo, ratificou que se tratava de áreas com ocupação desordenada, irregular. Neste sentido foi possível afirmar que a utilização de imagens multiespectrais com datas recentes, permite identificar áreas com ocupação irregular no município. Apoiado por SIG, a delimitação destas zonas homogêneas permitiu a delimitação

da área objeto de análise.

Com o objetivo de caracterizar as áreas com ocupação irregulares, a utilização de imagens multiespectrais de alta resolução mostrou-se como potencial para classificação e interpretação das feições. A fotointerpretação das imagens apoiado por uma análise orientada a objetos mostrou-se um método viável e eficaz uma vez que a área de estudo possui pouco mais de 1 Km<sup>2</sup>. Da análise de fotografias com maior resolução foi possível fazer interpretações e identificar, por exemplo, copas de árvores em função do seu porte, a pertinência de determinadas casas, classificadas pela coloração e geometria retangular, em áreas com locação imprópria.

É importante destacar que as análises de fotografias aéreas retratam com veracidade o processo de urbanização. As fotografias aéreas são provas jurídicas da ocupação do território, permitem confirmar tempo de posse no processo de ocupação e explicar o surgimento e expansão de áreas irregulares, concluindo-se que devem ser utilizadas com frequência para certificar e validar a existência destas áreas.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 14166: Rede de Referência Cadastral Municipal - Procedimento**. 23 p.

ALMEIDA, C. M., CÂMARA, G., MONTEIRO, A. M. V. In: Classificação de cobertura do solo de ambientes intra-urbanos utilizando imagens de alta resolução espacial e classificação orientada a objetos. **Geoinformação em urbanismo: cidade real x cidade virtual**. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. p. 171-192.

ANDRADE, J. B. **Fotogrametria**. Curitiba: SBEEE, PR, 2003. 198 p.

ANGUITA, P. M. et al. **Planificación Física y Ordenación Del Territorio**. Madrid. ed. Dykinson, S. L, 2006. 332 p.

ARANTES, O. VAINER, C. MARICATO, E. **A cidade do pensamento único: desmanchado consensos**. Petrópolis: Vozes, 2000. 192 p.

ARTIMO, K. **The bridge between cartographic and geographic informations systems**. In: ACEACHREN, A.M. e TAYLOR, D.R.F.

*Visualization in Modern Cartography*. New York: Elsevier Science, 1994. p. 45-62.

CLARKE, K. C., PARKS, B. O., & CRANE, M. P. **Geographic information systems and environmental modeling**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 306 p.

BATTY, M., & HOWES, D. **Predicting temporal patterns**. In: urban development from remote imagery. In: J. P. Donnay, M. J. Barnsley, & P. A. Longley (Eds.), *Remote sensing and urban analysis* London: Taylor and Francis, 2001. p. 185–204.

BOCCO, G.; MENDOZA, M.; VELASQUEZ, A. **Remote Sensing and GIS - based regional geomorphological mapping – a tool for land use planning in developing countries**. *Geomorphology*, v. 39, n. 3, 2001.

DEFINIENS. **eCognition: user guide 3**. 2003. 480 p. Germany. Disponível em <<http://www.definiens-imaging.com/down/ecognition>>. Acesso em: 27 nov. 2012.

ERBA, D. A. In: O cadastro territorial: passado, presente e futuro. Técnicas cadastrais e políticas urbanas. Organizadores: Diogo Alfonso Erba . *et al*. Rio de Janeiro: 2005. p. 15-38.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.

HEROLD, M., SCEPAN, J., CLARKE, K. C., 2002, The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses **Environment and Planning, A** 34(8) 1443 – 1458, 2002. Disponível em <<http://envplan.com/abstract.cgi?id=a3496>>. Acesso em: 06 nov. 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico 2010**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em <<http://censo2010.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 nov. 2013.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro. Resolução n. RP 1/2005, de 25 de fev. de 2005. Disponível em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto\\_mudanca\\_referencial\\_geodesico/legislacao/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](ftp://geoftp.ibge.gov.br/documentos/geodesia/projeto_mudanca_referencial_geodesico/legislacao/rpr_01_25fev2005.pdf)>. Acesso em: 23 abr. 2012.

- JENSEN, J. R., & COWEN, D. C. In: **Remote sensing of urban/suburban infrastructure and socio-economic attributes**. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing. 65(5), 611 – 622, 1999.
- KRAUS, K.. **Photogrammetry: fundamentals and standard processes** Bonn, Dümmler, 1993. v. 1. 397 p.
- KARNAUKHOVA, E. **A intensidade da transformação antrópica das paisagens como um indicador na análise e gestão ambiental**. 2000. Dissertação (Mestrado em Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- LANG, S.; BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 424 p.
- LOCH, C. **Cadastro técnico Multifinalitário: Rural e urbano**. /Carlos Loch, Diego Alfonso Erba. Cambridge/MA: Lincoln Institute of Land Policy, 2007 a.
- LOCH, C. **A Interpretação de Imagens Aéreas: noções básicas e algumas aplicações nos campos profissionais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2008. 118 p.
- LOCH, C. **Cadastro Técnico Multifinalitário Rural como base à organização espacial do uso da terra a nível de propriedade rural**. 1993. 128 p. Tese (Tese para Professor Titular) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.
- LUZ V. J. P., SQUERA, J. R.. **Estudo de capacidade/potencial do uso das terras do projeto gerenciamento costeiro integrado nos municípios da península de Porto Belo e entorno, e da foz dos rios Camboriú e Itajaí – SC. 1999**. Disponível em <<https://www.google.com.br/#q=gerco+sc+relatorio+de+fragilidade+ambienta>>. Acesso em: 26 set. 2013.
- MONTEIRO, C. LINGNAU, C. SOUZA JR. **Classificação orientada a objeto para detecção da exploração seletiva de madeira na Amazônia**. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia** no 59/3, agosto 2007. Artigos. Disponível em <[http://www.rbc.ufrj.br/\\_pdf\\_59\\_2007/59\\_03\\_3.pdf](http://www.rbc.ufrj.br/_pdf_59_2007/59_03_3.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2013.
- NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo. Ed. Blucher, 2010. 387 p.
- PELUSO, Jr. V. A. **Tradição e plano urbano. Cidades portuguesas e alemãs no estado de Santa Catarina**. Comissão Catarinense de Folclore, Florianópolis, 1953. 529 p.
- RIBEIRO, B. M. G., FONSECAL, M. G., KUX, H. J. H. **Mapeamento da Cobertura do Solo Urbano Utilizando Imagens Worldview-Ii e o Sistema Interimage**. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia** No 63 Edição Especial 40 Anos, 2011. Disponível em <[http://www.rbc.ufrj.br/\\_2011/\\_RBC63\\_ESPECIAL\\_1.htm](http://www.rbc.ufrj.br/_2011/_RBC63_ESPECIAL_1.htm)>. Acesso em: 05 nov 2013.
- ROCHA, A.D., ANTUNES A.F.B. **Desafio de caracterizar objetos relevantes ao planejamento urbano a partir de imagens de satélite de alta resolução**. **RBC - Revista Brasileira de Cartografia** no 64/2 2011. Disponível em <[http://www.rbc.ufrj.br/\\_2011/\\_rbc62/2](http://www.rbc.ufrj.br/_2011/_rbc62/2)>. Acesso em: 05 nov. 2013.
- SILVEIRA, D.R., LESSA, T.T.D. **Fotointerpretação**. Disponível em <<http://pt.scribd.com/doc/56595142/Fotointerpretacao>>. Acesso em: 16 jul 2012.
- WOLF, P.R. **Elements of photogrammetry: Solutions Manual**. New York, Mc Graw-Hill, 1974. 107 p.
- ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora, 2000. 220 p.
- ROSENFELDT, Y. A. Z. **Regularização Fundiária e o Cadastro Técnico Multifinalitário**. 2012. 158 p. Dissertação (Mestrado em Cadastro Técnico Multifinalitário e Gestão Territorial) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.