

**UFU - Universidade Federal de Uberlândia**

**Relatório Técnico Final:**

Estudo de características urbanas por meio da análise de imagens  
por sensoriamento remoto

**Aluno:** Vinícius Guardieiro Sousa

Abril de 2019

# Resumo

Com os avanços tecnológicos percebe-se uma melhora na aquisição de imagens de sensoriamento remoto. Dessa maneira, torna-se possível novos estudos na área de processamento digital de imagem, pois há diversos meios de obter as imagens para análise.

Esse trabalho tem como o intuito utilizar técnicas de processamento digital de imagens em imagens obtidas pelo *Google Earth* para a identificação de área verde e análise da complexidade de uma área de invasão/ocupação. Diferentes metodologias foram analisadas com o intuito de desenvolver um algoritmo capaz de segmentar a área verde de forma satisfatória. Para analisar a invasão/ocupação de uma determinada região utilizou-se a dimensão fractal para estimar a sua complexidade.

## 1 Introdução

A análise de imagem tem como intuito extrair as informações mais importantes da imagem, para depois fazer um estudo mais específico. Existem muitas formas de obter essas características, cada técnica é eficiente para uma determinada situação. Para análise de texturas, formas pode ser utilizado a análise de complexidades, para identificar uma determinada região, utiliza-se a segmentação.

As imagens de sensoriamento remoto apresentam muitos elementos da superfície terrestre, como rodovias, quarteirões, praças, prédios, áreas verdes, lagos, e outros mais, sendo, assim uma ótima fonte de informação para o estudo da constituição terrestre. Por meio dessas imagens é possível compreender a geologia de uma região, o processo de ocupação, e a relação entre esses elementos. Com isso, esse estudo torna-se uma grande ferramenta para auxiliar nos projetos de planejamento de cidades.

Para analisar a ocupação, irregularidade de uma região, uma técnica de processamento de imagens fundamental é a análise de complexidade, que permite qualificar quão irregular um objeto é. Essa metodologia tem muitas aplicações, como para o estudo da forma do objeto e o seu espaço ocupado em uma região. Nas análises de textura, o nível da complexidade caracteriza a organização dos pixels, permitindo quantificar sua aparência visual e sua homogeneidade.

A segmentação de imagens permite que separemos uma imagem em suas diferentes regiões constituintes. Existem diversos algoritmos que permitem a segmentação, por isso, é necessário um estudo para escolher a técnica mais eficiente para o objetivo. A binarização é uma das técnicas mais simples de implementação e permite extrair muitas informações para a caracterização de uma imagem.

Esse trabalho tem como intuito estudar técnicas de processamento digital de imagens para realizar a segmentação de áreas verdes e caracterizar a invasão/ocupação de uma região em uma imagem de sensoriamento remoto. Nele serão realizados testes com diversas técnicas a fim de encontrar a combinação que apresente uma melhor eficiência.

## 2 Processamento de imagens de sensoriamento remoto

Imagens de satélites são obtidas através do sensoriamento remoto de um satélite artificial. É possível obter diversas características terrestres em uma imagem de satélite, como a quantidade de área verde que tem em uma região ou o análise da ocupação de um local com o passar dos anos.

Existem ferramentas que facilitam a aquisição das imagens para os estudos. Como o *Google Earth*, *drones* e Veículos Aéreos Não Tripulados (*VANT*). As imagens obtidas por eles são de fundamental importância, pois elas são ricas em informações sobre a superfície terrestre. Isso contribui para os estudos de análise de imagens, pois facilita a forma de aquisição das imagens.

O *Google Earth* é um software de fácil utilização, permite adquirir imagens via satélite de diversos anos de diversas regiões do mundo. Dessa forma, contribui para as análises por trazer uma diversidade de imagens de forma simples.

Os *drones* e *VANTs* são objetos utilizados para capturar fotos aéreas. Por meio deles é possível obter imagens mais próximas da região de análise com uma melhor qualidade, quando comparada ao *Google Earth*. Entretanto, é necessário estar no local que será estudado para adquirir as imagens.

Enfim, há um crescente uso de imagens, tanto de satélites quanto de *drones* e *VANTs*, para realização do processamento digital de imagens. Isso fica evidente quando analisamos alguns trabalhos como o [9], que aborda sobre a identificação de linhas de plantio de imagens, sendo que, por meio da transformada de Hough, isso não é possível, já que essas linhas, na visão aérea, não são retas.

Outro trabalho desenvolvido nessa área foi o [8], que tem por objetivo analisar a saúde da planta por meio de um método como o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada. Além desses trabalhos há o [3] que tem como objetivo analisar se a combinação de características obtidas por diferentes técnicas aplicadas em imagens de *VANTs* geram melhores resultados que elas aplicadas separadamente.

## 3 Levantamento Teórico

### 3.1 Segmentação de imagens

A segmentação é uma técnica utilizada para subdividir uma imagem em objetos ou regiões que a compõem, [4]. O nível de segmentação varia conforme o que se deseja separar na imagem. A maioria dos algoritmos de segmentação se baseiam em duas propriedades das imagens: descontinuidade e similaridade. A primeira consiste em separar a imagem conforme as mudanças bruscas de intensidade, como as bordas. Já na segunda abordagem, a imagem é dividida em regiões que são semelhantes de acordo com um conjunto de critérios pré determinados, sendo que a limiarização enquadra-se nessa abordagem.

A maior dificuldade da segmentação de imagens é conseguir seccionar a imagem de forma que ela seja completa (cada pixel deve estar em uma região). Para isso, é necessário que os pontos em uma região estejam conectados de uma forma pré determinada. Na região segmentada os pixel devem respeitar uma propriedade e duas regiões adjacentes

devem ser diferentes quanto as propriedades que devem respeitar.

Uma forma de realizar uma segmentação é por meio da limiarização ou binarização, que consiste em seccionar a imagem em duas regiões, uma com valores menores que o limiar (rotulada com 0) e outras com valores maiores que o limiar (rotulada com 1). A maior dificuldade nessa técnica é definir o valor do limiar, que pode ser escolhido pelo histograma.

Outra forma de segmentação é a detecção de bordas. Essa técnica possibilita a identificação de bordas dentro da imagem. Bordas são ocasionadas pela descontinuidade de profundidade, na iluminação ou nos níveis de cinza. Algumas abordagens para a detecção de bordas são os métodos de Sobel, Prewitt e Canny. No método de Prewitt, é realizado o cálculo do gradiente da imagem de intensidade em cada ponto. Esse gradiente informa quão suave ou quão brusca é a mudança da imagem naquele ponto, permitindo analisar a probabilidade daquele ponto ser uma borda.

## 3.2 Algoritmos genéticos

Algoritmos genéticos são algoritmos bio inspirados utilizados para auxiliar em problemas de otimização, [5]. Ele avalia um conjunto de variáveis, verificando se ela é uma solução aceitável para o problema. Seu funcionamento ocorre por meio de avaliações de valores das variáveis definidas pelo usuário que estão na função.

Os algoritmos genéticos criam uma população formada por conjunto de possíveis soluções do problema. Realiza-se uma avaliação para cada membro do conjunto (indivíduos) e atribui-se uma nota à ele, sendo essa nota (denominada *fitness*) associada ao quão bem o indivíduo se aproxima da solução do problema. Uma porcentagem do conjunto que apresenta maior nota é mantido, sendo os demais são descartados. Os membros que foram preservados sofrem mutação por meio do *crossover* ou combinação genética. Isso permite gerar novos elementos para serem avaliados. Esse processo ocorre até que um resultado satisfatório seja gerado.

No algoritmo genético, os indivíduos podem ser representados genotípicamente por um vetor binário, no qual 1 representa a presença e 0 a ausência de uma característica ou serem representados por valores livres dentro de um intervalo. O processo de mutação é importante para garantir a adaptação das demais gerações. Além disso, o cruzamento é crucial, pois ele permite a recombinação de características por meio do *crossover*, que seria a troca de material genético.

Existem parâmetros que influenciam no algoritmo genético. O tamanho da população interfere no desempenho do algoritmo genético, pois quanto maior a população, maior a cobertura do problema e o número de interações, porém isto requer um maior gasto computacional. Outro parâmetro é a taxa de cruzamento, que cresce à medida que a velocidade de introdução de novos indivíduos na população aumenta. Porém se ela for muito alta, ocorrerá o risco de perda de estruturas com boa aptidão.

Outro fator é a taxa de mutação. Se ela for muito alta, as buscas serão quase que aleatórias; se forem muito baixas, irá estagnar as buscas. Ademais, existe o intervalo de geração que irá controlar a substituição dos indivíduos durante a próxima geração. Se esse valor for alto, ocorrerá o risco de perder indivíduos de alta aptidão.



### 3.3 Morfologia Matemática

Morfologia matemática são operações não lineares realizadas para analisar e extrair estruturas geométricas de imagens digitais,[4, 7]. Essas operações tem como base as operações de conjuntos, como a translação e reflexão. Os operadores morfológicos elementares são: erosão e dilatação. A dilatação é uma transformada morfológica que envolve combinação de dois conjuntos pela adição vetorial, dada pela equação 1, onde  $A$  e  $B$  são conjuntos binários,  $A$  é a imagem a ser operada e  $B$  é o elemento estruturante (sua natureza irá definir como a dilatação irá ocorrer). Ela é o conjunto de todos os deslocamentos de  $c$  tais que  $A$  sobreponha-se em pelo menos um elemento não nulo (fundo da imagem) como mostra na Figura 1.

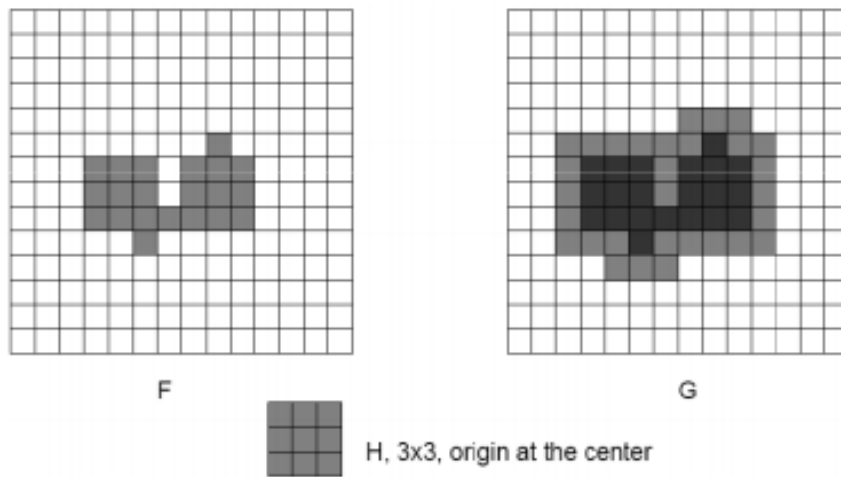


Figura 1: Dilatação de  $F$  pelo elemento estruturante  $H$  resultando em  $G$

$$A \oplus B = \{x \in Z^2 | c = a + b, a \in A \wedge b \in B\} \quad (1)$$

Outra operação morfológica é a erosão. Ela combina dois conjuntos utilizando vetores de subtração. A erosão é definida pela equação 2, onde  $A$  e  $B$  são imagens binárias,  $A$  é a imagem a ser operada e  $B$  é o elemento estruturante, serve para a remoção de componentes. Ela é um conjunto de translações de  $B$  que alinham  $B$  sobre o conjunto de pixels do objeto  $A$  como mostra na Figura 2..

$$A \ominus B = \{c \in Z^2 | c + b \in A, \forall b \in B\} \quad (2)$$

### 3.4 Análise de complexidade e Dimensão Fractal

Existem diversas técnicas com o objetivo de analisar formas e texturas, [2]. A análise de forma tem como intenção extrair informações relacionadas ao aspecto geométrico do objeto analisado, auxiliando para separar e rotular as diversas partes constituintes de uma imagem. A textura estuda a variação dos diversos níveis de cinza da imagem, permitindo distinguir regiões que apresentam as mesmas cores em determinada combinação.

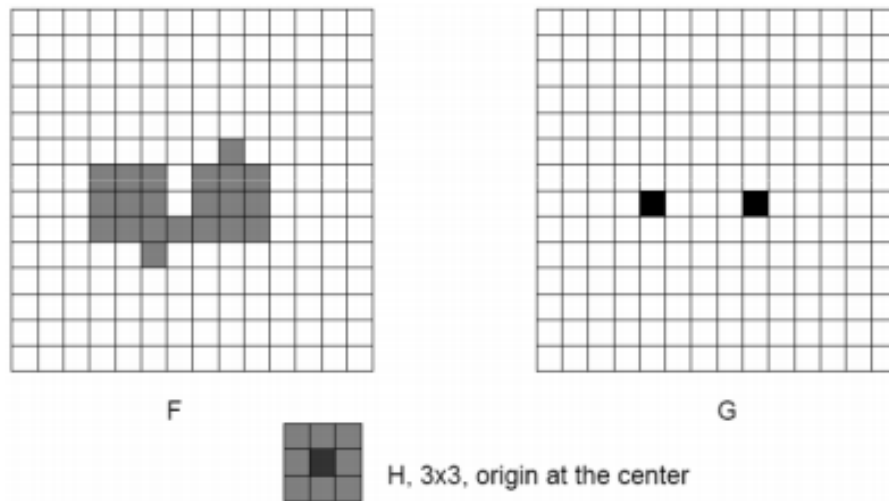


Figura 2: Erosão de  $F$  pelo elemento estruturante  $H$  resultando em  $G$

Uma maneira de analisar formas e texturas da imagem é pela análise de sua complexidade. Ela serve para quantificar quão irregular um objeto é.

Para analisar o formato de um objeto, o nível de complexidade demonstra o padrão da forma que é ocupado pelo objeto no espaço. Na análise de textura, o nível de complexidade serve como uma medida da organização dos pixel, permitindo quantificar o aspecto visual e a homogeneidade da textura.

A literatura apresenta várias formas de estimar a complexidade de uma imagem, sendo uma delas a dimensão fractal. Baseada na geometria fractal, fractais são objetos teóricos, puramente matemáticos, que apresentam três características: auto-semelhança em escala, complexidade infinita e dimensão fractal (Figura 3). A dimensão fractal representa o nível de complexidade e de ocupação do espaço euclidiano por um objeto fractal, sendo que quanto mais complexa a estrutura fractal, maior será a região ocupada por ela.



Figura 3: Folha com características fractais

[1]

O método de Bouligand-Minkowski ou dimensão de Minkowski é uma forma de encontrar resultados consistentes para a dimensão fractal. A estimativa da dimensão fractal

por esse método é obtida por meio do estudo da área de influência de um objeto criado a partir da dilatação desse objeto por um círculo com um raio definido pelo usuário. Ela é obtida percorrendo um círculo de raio  $r$  continuamente ao longo dos pontos que compõem o objeto na imagem, sendo cada um desses pontos o centro do disco no momento da dilatação. Esse “novo” objeto gerado fornece a área dilatada ( $A(r)$ ) que será utilizada, em combinação com o raio para calcular a dimensão fractal, que é dada pela equação 3.

$$D = 2 - \lim_{r \rightarrow 0} \frac{\log A(r)}{\log(r)} \quad (3)$$

## 4 Atividades desenvolvidas

### 4.1 Segmentação de áreas verdes em imagens

Para a segmentação de análise de imagens foram utilizados para fins de estudos três imagens. Elas foram obtidas por meio do *Google Earth*, foi uma imagem de uma região da cidade de São Paulo, Brasil, uma imagem de uma região da cidade de Rio de Janeiro, Brasil e uma imagem de uma região de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. As Figuras 4, 5, 6, 7 são da mesma região do Rio de Janeiro.

Para segmentar áreas verdes em imagens de satélite foram feitos alguns testes. No teste 1, mais relevante, iniciou utilizando a máscara da Tabela 1 com a intenção de ressaltar a cor verde das imagens [6], como mostra a Figura 4.

Tabela 1: Máscara

$\frac{-1}{8}$	$\frac{-1}{8}$	$\frac{-1}{8}$
$\frac{-1}{8}$	$\frac{32}{8}$	$\frac{-1}{8}$
$\frac{-1}{8}$	$\frac{-1}{8}$	$\frac{-1}{8}$



Figura 4: (a)imagem antes do pré-processamento (b)imagem após o uso da máscara

Após essa etapa, houve a necessidade de utilizar a técnica de limiarização para tentar extrair o máximo de verde possível na imagem. Foi realizado uma combinação de limiares visando detectar o maior número de árvores ao mesmo tempo em que não selecionava outros tipos de estruturas das imagens. Entretanto, mesmo com a combinação de limiares

vários objetos foram detectados incorretamente, como mostra a Figura 5. Com isso, houve a necessidade de utilizar técnicas morfológicas, como o fechamento (dilatação seguida de erosão), na figura 5.



Figura 5: Tentativa de binarização por meio da combinação de vários limiares

Com o objetivo de melhorar os resultados, houve a tentativa de combinar novos limiares, porém o resultado não foi satisfatório. Como podemos ver na Figura 6, muitos objetos indesejados, como ruas e sombras, estavam sendo detectados pelo código.

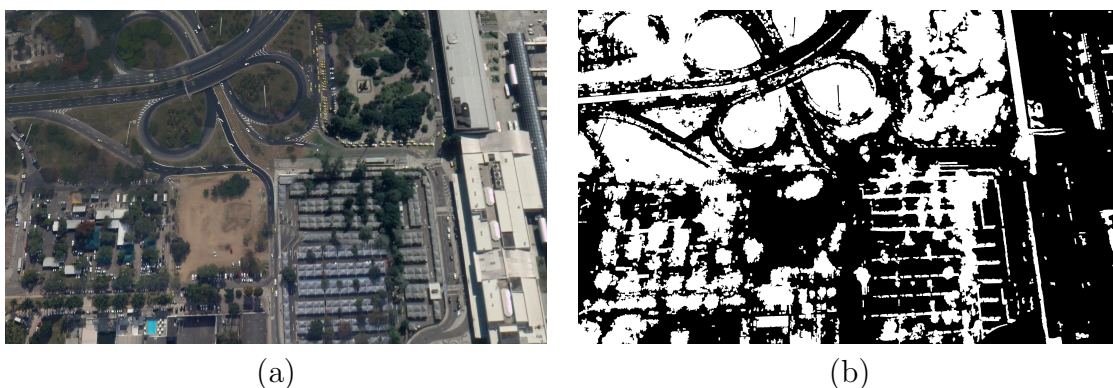


Figura 6: (a) imagem antes do pré-processamento (b) imagem final

Outro teste relevante foi com o auxílio do algoritmo genético. Para isso, foi necessário realizar a marcação manual das áreas de interesse, para auxiliar o algoritmo genético, transformando a imagem em RGB em uma imagem binária. Para realizar a comparação e analisar se o algoritmo estava obtendo resultados conforme o desejado, foi utilizado o coeficiente de Dice, que compara duas imagens binárias e classifica com um valor entre 0 e 1, sendo que quanto mais perto de 1 maior a semelhança entre as imagens.

Para realizar a binarização pelo algoritmo, foi feito um pré processamento com a mesma máscara utilizado no teste mencionado anteriormente. Após isso, utilizou-se o algoritmo genético para encontrar o valor dos limiares. Houve também a tentativa de achar melhores valores para a máscara, porém esse teste não obteve um resultado satisfatório.

Visando melhorar os resultados do algoritmo genético, fez-se o uso da variância da vizinhança para retirar objetos que continuaram sendo marcados mesmo com melhores limiares. Essa tentativa foi melhor que a do teste mencionado anteriormente, porém em imagens com muita sombra a técnica não foi muito eficiente, já que a sombra assemelha à área verde. O resultado pode ser visto na Figura 7.

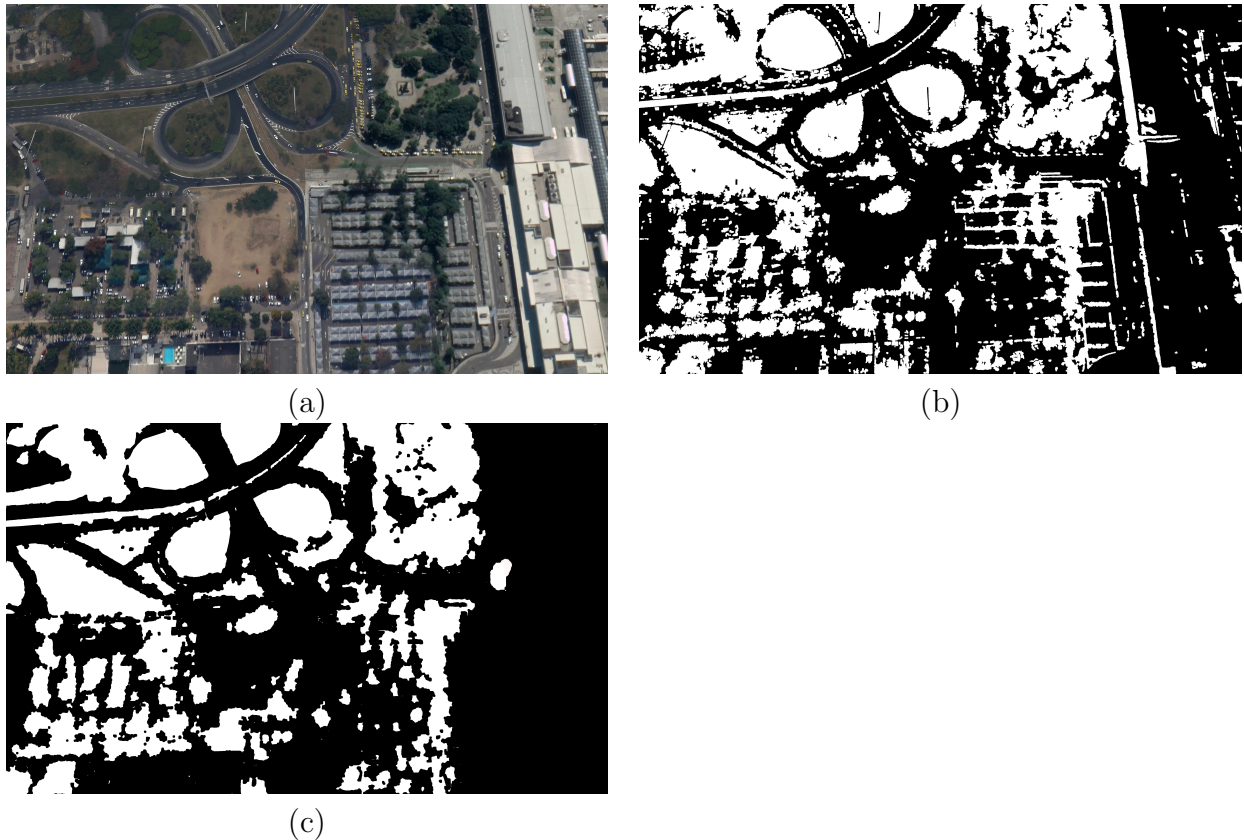


Figura 7: (a)imagem antes do pré-processamento (b)imagem final (c)imagem ideal processada por algoritmo

## 4.2 Análise da complexidade em áreas de ocupação

Para analisar a complexidade de áreas de ocupação, foi necessário procurar imagens de uma região no decorrer de alguns anos. Para isso, foi utilizado o *Google Earth* que permite adquirir imagens de anos anteriores. Sendo assim, essa foi a ferramenta fundamental para adquirir as imagens desse estudo. A Figura 8 foram as imagens utilizadas.

Após a aquisição das imagens, foi necessário montar uma máscara conforme Figura 9 para limitar a região que será estudada, que no caso é uma área de ocupação/invasão da cidade de Uberlândia, Minas Gerais, Brasil. Além disso, foi necessário converter a imagem para tons de cinzas, o que foi possível usando a luminância da imagem. As imagens apresentaram uma semelhança na distribuição dos níveis de cinza no histograma, porém havia uma diferença significativa no brilho da imagem, impossibilitando segmentar com apenas um limiar. Por esse motivo foi considerado um valor único para cada imagem, fazendo uma binarização manual, como mostra a Figura 10.

Nas imagens já segmentadas calculou-se a dimensão fractal pelo método do *Bouligand-Minkowski* (Figura 11). Os parâmetros foram escolhidos manualmente, por meio de testes para encontrar um valor que melhor atendesse o objetivo. Quanto maior a dimensão fractal, maior a complexidade e maior o espaço ocupado pelos objetos da imagem.

O método utilizado foi capaz de detectar mudanças sutis permitindo uma caracterização mais precisa do objeto. O estudo permite concluir que a complexidade da área aumenta conforme o passar dos anos. Uma explicação para o crescimento caótico de





Figura 8: imagens utilizadas para a análise da evolução por meio de sua complexidade

ocupações/invasões se dá pela falta de políticas capaz de restringir a área de ocupação.

Esse projeto foi publicado no *XVI Workshop de Visão Computacional*, na *WVC 2018* que tem como classificação QUALIS B5.

## 5 Conclusão

Nesse trabalho foi estudado formas de identificar área verde em imagens de sensoriamento remoto. Isso foi possível por meio da segmentação, processos morfológicos e com o auxílio do algoritmo genético. Além disso, estudou-se o comportamento da ocupação/invasão de uma determinada região por meio de processos de segmentação e análise de complexidade.

Para a segmentação da área verde, houve a necessidade de aplicar uma máscara para realçar a imagem, realizar a segmentação por binarização e morfologias matemáticas para tentar identificar a área verde de uma imagem. Porém, o algoritmo não é muito eficiente em imagens com sombras. Para o estudo de invasões/ocupações de uma região, utilizou-se uma máscara para limitar a região a ser estudada e fez-se o uso da dimensão fractal para analisar a textura e ocupação da região delimitada.

Logo, por meio de técnicas de processamento digital de imagens foi possível identificar área verde e analisar a complexidade de uma área de ocupação em imagens obtidas por

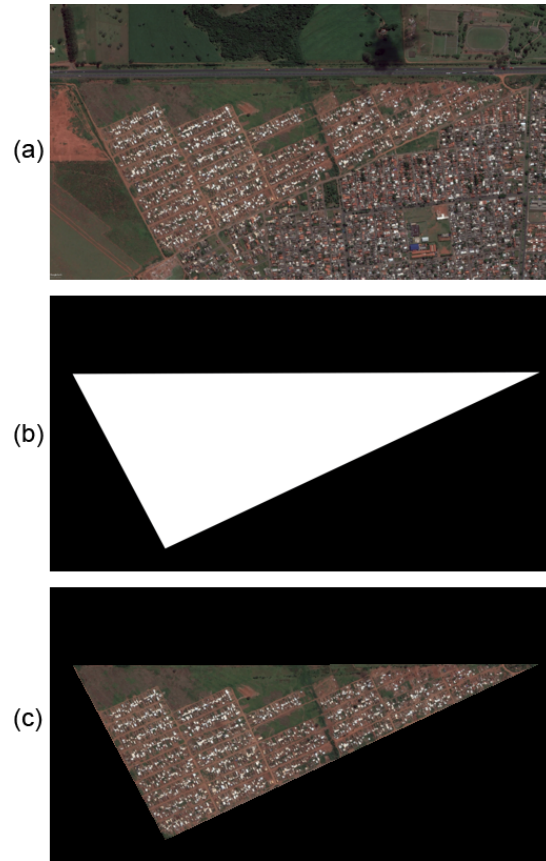


Figura 9: (a) imagem original, (b) máscara utilizada para selecionar a região de interesse, (c) região de interesse contendo apenas a invasão/ocupação

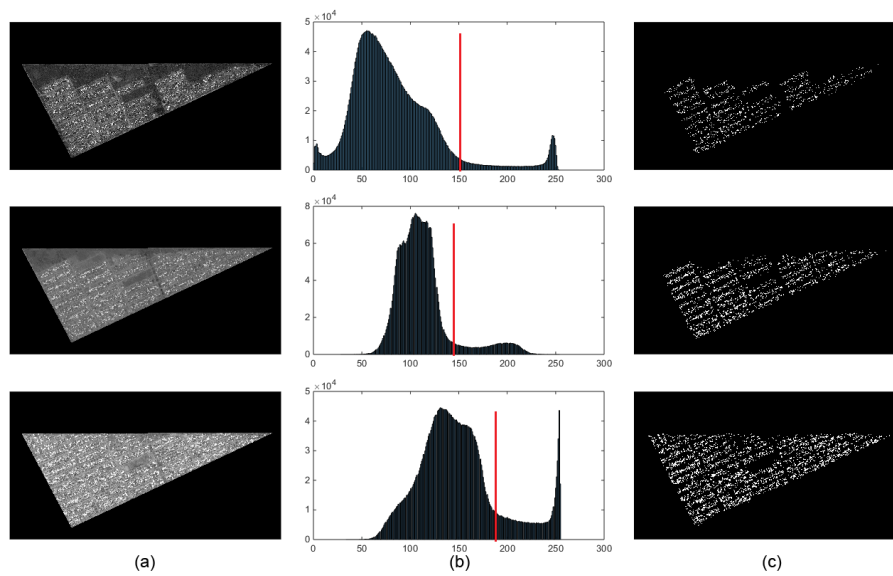


Figura 10: Binarização da imagem para ser estudada sua complexidade: (a) imagem original; (b) Histograma e definição manual do limiar; (c) Resultados da imagem binarizada

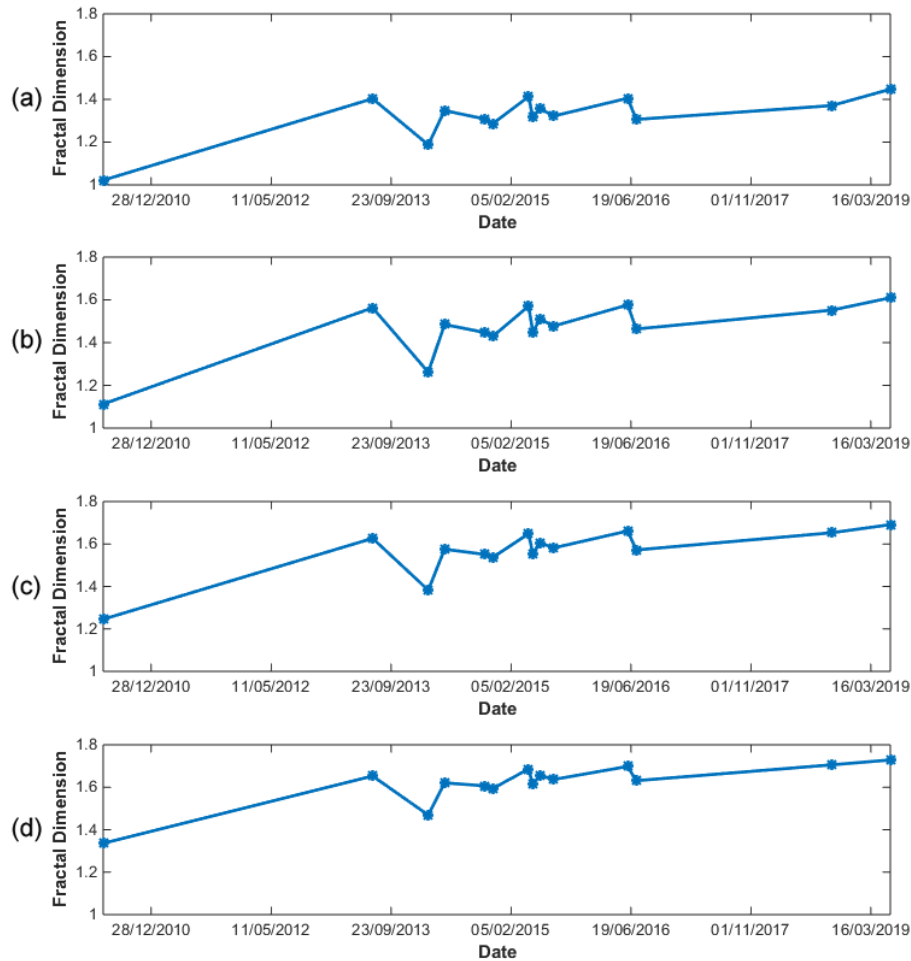


Figura 11: Evolução da dimensão fractal da invasão/ocupação no decorrer dos anos com diferentes raios de dilatação; (a)  $r=25$ ; (b)  $r=50$ ; (c)  $r=75$ ; (c)  $r=100$

sensoriamento remoto. Algumas técnicas foram analisadas visando encontrar a que tivesse melhor eficiência para a solução do problema.

Os resultados foram satisfatórios, porém existem pontos a serem tratados em trabalhos futuros. Na parte de segmentação da área verde, um dos problemas encontrados foram as sombras, sendo que em imagens com pouca sombra o coeficiente de Dice é de aproximadamente 0,87, demonstrando um bom resultado. Na parte de análise de complexidade há uma necessidade de um estudo para tornar a binarização automática e avaliar mais áreas de ocupação, já que o estudo foi realizado apenas em uma região.

## Referências

- [1] Folha samambaia. <https://escolakids.uol.com.br/matematica/fractais.htm>, março 2019. [Online; accessed 19-July-2008].
- [2] A. R. Backes. *Estudos de métodos de análise de complexidade em imagens*. PhD thesis, Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação - ICMC/USP,, 2010.



- [3] A. R. Backes, J. Dias Junior, D. D. Abdala, and M. C. Escarpinati. Assessing the adequability of image feature descriptors on registration of UAV-multispectral sensed data. In *WVC 2018 - Workshop de Visão Computacional*, pages 1–1, 2018.
- [4] R.C. Gonzalez and R.E. Woods. *Processamento Digital De Imagens*. Pearson Prentice Hall, São Paulo, São Paulo, 3 edition, 2007.
- [5] M. Mitchell. *An Introduction to Genetic Algorithms*. The MIT Press, 1996.
- [6] D. R. Santos, Q. Dalmolin, and M. A. Basso. Detecção automática de sombras em imagens de alta resolução. *Precision Agriculture*, pages 1–22, 2018.
- [7] J. Serra. *Image Analysis and Mathematical Morphology*. Book, 1982.
- [8] Gustavo Rezende Silva, Mauricio Cunha Escarpinati, Daniel Duarte Abdala, and Iuri Rezende Souza. Definition of management zones through image processing for precision agriculture. In *2017 Workshop of Computer Vision (WVC)*, pages 150–154. IEEE, 2017.
- [9] Guilherme Afonso Soares, Daniel D Abdala, and Mauricio Escarpinati. Plantation rows identification by means of image tiling and hough transform. In *VISIGRAPP (4: VISAPP)*, pages 453–459, 2018.