



Revista Brasileira de Geografia Física

Homepage: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe>



Técnicas de PDI aplicadas para a identificação e extração automática de atividades antrópicas

Arthur Pereira dos Santos¹, Henzo Henrique Simionatto², Luana Aparecida Duarte Xisto³

¹ Doutorando em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba – ICTS, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Sorocaba – SP, arthur.p.souza@unesp.br. (autor correspondente). ² Mestrando em Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira – FEIS, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Ilha Solteira – SP, henzo.h.simionatto@unesp.br. ³ Mestranda em Ciências Ambientais, Instituto de Ciência e Tecnologia de Sorocaba – ICTS, Universidade Estadual Paulista – UNESP, Sorocaba – SP, luana.xisto@unesp.br.

Artigo recebido em 02/05/2022 e aceito em 27/06/2022

RESUMO

A utilização do Processamento Digital de Imagens (PDI) consiste em ajustar as características visuais da imagem de forma a fornecer contribuições para a sua interpretação e gerar produtos que possam, posteriormente, ser submetidos a outros processamentos. Dentre as técnicas de PDI, a segmentação de objetos na imagem ganha destaque pela possibilidade de se distinguir a região de interesse do fundo da imagem, portanto, este trabalho objetivou-se em realizar a segmentação das atividades antrópicas em uma imagem do município de Paracatu – MG que contemplasse tanto a malha urbana do município como a área de extração mineral a céu aberto. Para tanto, utilizou-se uma imagem de satélite que contemplasse a realidade do município. Inicialmente, utilizou-se o método de Otsu para realizar a segmentação da vegetação arbórea e rasteira e foi calculado o histograma da imagem em níveis de cinza de cada entrada (canal vermelho (R); canal verde (G) e; canal azul (B)). A partir disso, foram calculados os pesos e as médias para as classes da frente e do fundo da imagem, até encontrar um limiar ótimo. A fim de verificar a possibilidade de segmentar a área de extração mineral a céu aberto e a malha urbana do município de Paracatu, optou-se pelo método de Crescimento de Regiões (CR). Por fim, realizou-se a operação morfológica de fechamento nas regiões segmentadas, de forma que as falhas fossem acrescidas das regiões originais da imagem e foram comparados os resultados da segmentação do método de Otsu com a segmentação por limiar. Verificou-se que foi possível alcançar o objetivo proposto por meio das técnicas de PDI e que a segmentação das imagens pode ser utilizada como uma forma prévia de processamento que possa auxiliar nas técnicas computacionais.

Palavras-chave: segmentação de imagens, método de Otsu, limiar, crescimento de regiões.

PDI techniques applied to the automatic identification and extraction of anthropogenic activities

ABSTRACT

The use of Digital Image Processing (PDI) consists in adjusting the visual characteristics of the image in order to provide contributions to its interpretation and generate products that can later be subjected to further processing. Among the DIP techniques, the segmentation of objects in the image is highlighted by the possibility of distinguishing the region of interest from the background of the image. Therefore, this work aimed to perform the segmentation of anthropic activities in an image of the city of Paracatu - MG that included both the urban network of the city and the area of open-pit mineral extraction. To this end, we used a satellite image that contemplated the reality of the municipality. Initially, the Otsu method was used to perform the segmentation of the tree and underbrush vegetation and the image histogram was calculated in gray levels for each input (red channel (R); green channel (G) and; blue channel (B)). From this, weights and averages for the front and background classes of the image were calculated until an optimal threshold was found. In order to verify the possibility of segmenting the open-pit mineral extraction area and the urban mesh of the Paracatu municipality, the Region Growth (RC) method was chosen. Finally, the morphological operation of closure was performed in the segmented regions, so that the gaps were added to the original regions of the image and compared the results of the segmentation of the Otsu method with the segmentation by threshold. It was verified that it was possible to achieve the proposed objective through the PDI techniques and that the segmentation of the images can be used as a previous form of processing that can assist in computational techniques.

Keywords: image segmentation, Otsu method, threshold, growth of regions.

Introdução

Uma imagem pode ser definida por ser uma função bidimensional $f(x,y)$, em que x e y são coordenadas espaciais e a amplitude de f , em qualquer par de coordenadas (x, y) , é chamada de intensidade ou nível de cinza da imagem no respectivo ponto (Gonzales e Woods, 2010; Silva, 2019; Júnior e Soares, 2019; Silva Júnior, 2021). Porém, analisar e classificar imagens, devido à quantidade de detalhes, tamanho e formato das regiões, é considerado um procedimento complexo e que não depende apenas das características do respectivo ponto, mas, também, dos pixels vizinhos (Zurssa et al., 2022).

Nesse contexto, a utilização do PDI visa ajustar as características visuais das imagens, de forma a fornecer contribuições para a sua interpretação e gerar produtos que possam ser submetidos a outras formas de processamentos. Assim, o PDI abrange uma grande variedade de técnicas e o seu sistema pode ser dividido em cinco etapas, sendo-as: a) aquisição; b) pré-processamento; c) segmentação; d) representação e descrição e; e) reconhecimento e interpretação (Pedrini e Schwartz, 2018).

Diante disso, Zis (2020) menciona que a segmentação de objetos nas imagens é uma área com crescentes trabalhos, inovações e algoritmos que podem ser divididos entre abordagens tradicionais e aprendizado de máquina. Zeebaree et al. (2019) e Gama (2022) definem que a segmentação de objetos da imagem possui destaque pelo fato de ser possível realizar a diferença entre dois ou mais objetos, distinguindo a região de interesse do fundo da imagem e Araújo (2022), defende que, segmentar uma imagem consiste em subdividir a imagem em certas partes ou objetos que possam ser considerados significativos. Porém, essa etapa, bem como o seu nível de aprofundamento, depende do que se pretende resolver por meio da análise da imagem a ser segmentada, pois a precisão, nessa fase, determina um eventual sucesso ou fracasso na busca por um eficiente método de segmentação (Gonzales e Woods, 2010).

Independente de sua definição, vale frisar que a segmentação de objetos nas imagens é considerada como um importante método utilizado para solucionar problemas de análise das imagens, sendo que as suas aplicações variam desde o controle de qualidade industrial, medicina e saúde,

navegação de robôs, aplicações militares, exploração mineral, gestão urbana, etc., conforme estudos correlatos (Rezende, 2017; Santos e Jardim, 2019; Raja e Balaji, 2019; Manavalan, 2020; Tavares et al., 2021; Campara, 2021).

Ao se considerar uma análise do ponto de vista da informação, segmentar objetos em uma imagem representa, ainda hoje, uma linha de pesquisa importante e em constante atualização, principalmente por estar na base de todo o processamento da informação em uma imagem (Albuquerque e Albuquerque, 2000; Zangh et al., 2021). De acordo com He et al. (2017), a segmentação de imagens vem sendo base de muitas pesquisas realizadas na área de PDI e isso se deve a sua grande importância para a análise de imagens (Takahashi et al., 2005).

Vale ressaltar que a maior parte dos trabalhos relacionados com a segmentação em imagens possuem o objetivo de delimitar objetos ou regiões de uma figura por meio de métodos que fazem a leitura da imagem e buscam por pontos de fronteiras/bordas, possibilitando, dessa forma, a extração de objetos/alvos da imagem a partir dos limites de tais objetos. Atualmente, existem diversas técnicas de segmentação de imagens, mas não há nenhum método que seja capaz de segmentar todos os tipos de imagem. De maneira geral, uma imagem em níveis de cinza pode ser segmentada de duas formas: a) considerando a semelhança entre os níveis de cinza ou; b) considerando as suas diferenças (Albuquerque e Albuquerque, 2000; Faccio, 2020).

Diante do contexto descrito e considerando que, recentemente, diversos campos da atividade humana têm recorrido a imagens da superfície terrestre para obter informações a seu respeito e perante o avanço das técnicas de Sensoriamento Remoto (SR), é exponencial a quantidade de fontes de informação sobre a Terra que, associado à aquisição contínua de dados, resulta na geração de aglomerados de dados, o que dificulta a sua manipulação, interpretação e, principalmente, extração de informações úteis, o que torna importante o desenvolvimento de novas técnicas e métodos que visem organizar e analisar os dados de forma automática (Negri e Silva, 2013).

Ainda conforme os autores, a simplificação da representação é uma das questões centrais, relacionadas à extração de informações sobre as

imagens disponibilizadas por satélites, a serem potencializadas, e um exemplo disso consistiria no particionamento da imagem em regiões homogêneas, de forma que fosse possível compreender os métodos de segmentação de imagem para identificar regiões de diferentes maneiras. Dessa forma, seria possível a utilização dos métodos de segmentação para aplicação direta no geoprocessamento em delimitações de regiões.

Diante desse contexto é possível considerar que, dentre as imagens obtidas por satélites e que possuem enfoque nas atividades antrópicas, destaca-se as que podem proporcionar desconforto térmico, havendo destaque para as áreas de expansão urbana, principalmente as que ocorrem de forma desordenada, pois se destacam por ocasionar mudanças nas condições ambientais e climáticas do local, dando origem a um ambiente antropizado e de clima específico, havendo a necessidade de que ocorra um planejamento ambiental adequado e que seja capaz de fornecer subsídio às políticas públicas locais em relação ao uso e ocupação do solo (Dorigon e Amorim, 2013).

Entretanto, ao se considerar centros urbanos que também incorporam outras atividades antrópicas que causam impactos negativos ao meio ambiente, como a extração de minérios, essa situação torna-se ainda mais complexa (Sánchez, 2013), pois essa leva a mudanças geológicas que são refletidas na superfície (Millán et al., 2013). Por sua vez, essas são passíveis de observações a partir de imagens de satélite (Padmanaban, 2017). Durães et al. (2017) ressaltam que as áreas da atividade de mineração são passíveis de inúmeros impactos ambientais negativos, como, por exemplo, a supressão da vegetação, degradação do solo, formação de processos erosivos e assoreamento de corpos d'água, emissões atmosféricas, contaminação de recursos hídricos, dentre outros. Ademais, tais impactos afetam os recursos naturais e o ecossistema local de forma negativa (Milanez, 2017).

Diante do contexto descrito, encontra-se a área de estudo situada no município de Paracatu, Minas Gerais (MG), onde, por ser responsável por grande parte do Produto Interno Bruto (PIB) do

local e gerar milhares de empregos diretos e indiretos, em determinadas ocasiões, confunde-se os fatores “oportunidade” e “dependência” com os sociais e ambientais (Castilhos et al., 2020). Essa situação é corroborada por Andrade et al. (2019), que ressaltou que a mineração de ouro no município tem sido objeto de controvérsias devido à, dentre outros fatores, contaminação por Arsênio (As) e desapropriação de comunidades tradicionais.

Com o intuito de fornecer uma contribuição para a melhor compreensão das atividades desenvolvidas na área de estudo, o presente trabalho possui o objetivo de realizar, por meio de técnicas de PDI, a segmentação das atividades antrópicas em uma imagem que possa integrar as atividades antrópicas predominantes no município. Este estudo é justificado pelo fato de que, até o momento, nada se conhece sobre as atribuições que cada atividade antrópica efetua sobre si e, atualmente, não são analisadas de forma isolada, mas sim, em conjunto com os aspectos socioambientais do município. Além disso, nenhuma das técnicas de PDI utilizadas neste estudo, para fins de segmentação, foram aplicadas em uma área que abrangesse uma atividade de mineração a céu aberto e uma malha urbana.

Procedimentos metodológicos

Área de estudo

Localizada a 220 km da capital federal Brasília - DF, Paracatu – MG (Figura 1) é a única cidade histórica da mesorregião noroeste do estado e é destaque pela riqueza mineral, que ocasionou em sua criação em 1744 (Pimentel, 2021). Conforme a última estimativa do IBGE, Paracatu conta com uma população atual de, aproximadamente, 94 mil habitantes (IBGE, 2021).

A Kinross Gold Corporation, uma das mineradoras localizadas no município, atua nas atividades de pesquisa e desenvolvimento mineral, mineração, beneficiamento e comercialização de ouro. É uma das maiores produtoras de ouro do Brasil, responsável por, aproximadamente, 22% da produção nacional (Kinross, 2021).

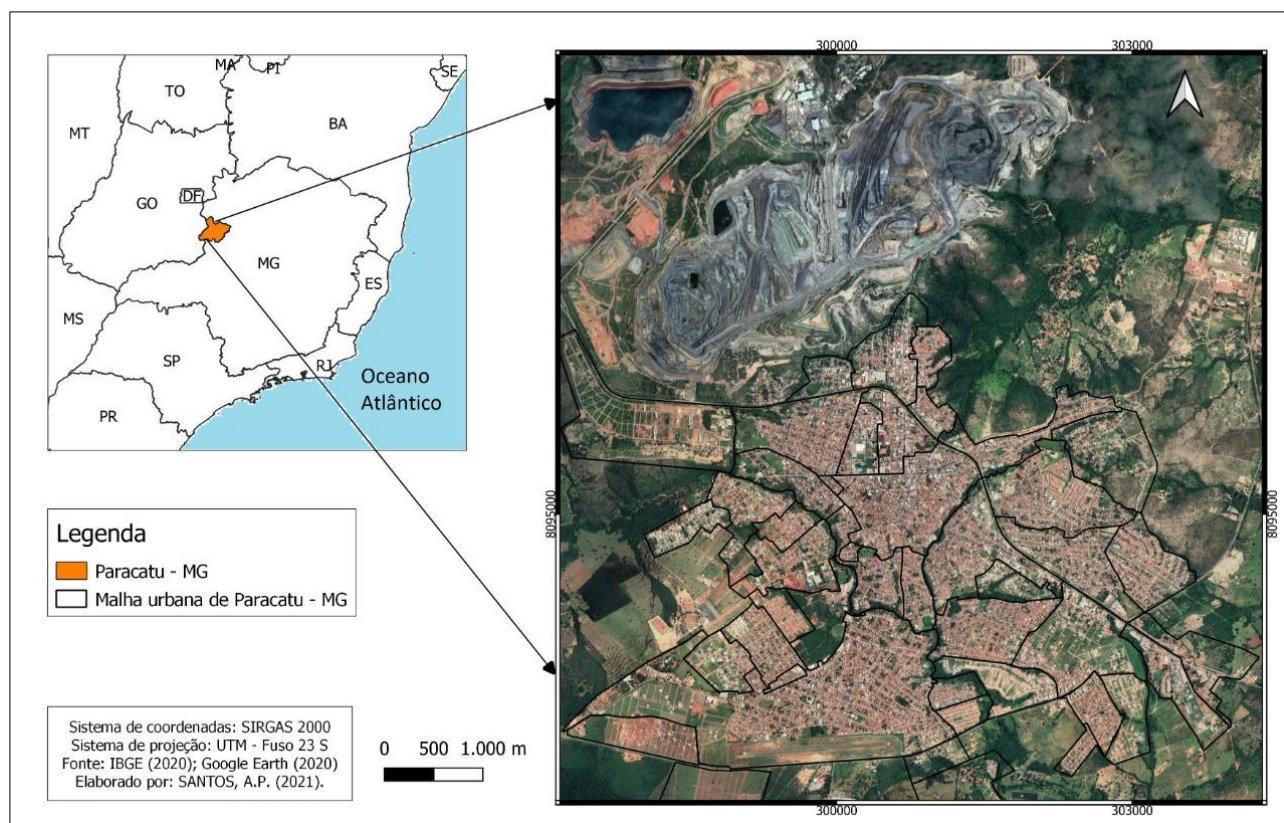


Figura 1. Área de estudo.

Obtenção de dados

A obtenção da imagem utilizada neste estudo ocorreu por meio do software livre Google Earth. Como os dados são atualizados com o tempo, optou-se por trabalhar em uma imagem que representasse a realidade do município.

Procedimentos metodológicos

Após a obtenção da imagem, verificou-se que essa possuía um conjunto de tons e heterogeneidades, sendo impossível realizar a segmentação das atividades antrópicas, sem antes, realizar a segmentação das outras classes. Dessa forma, foi necessário, inicialmente, segmentar a vegetação e/ou o solo exposto, haja vista que a coloração dos pixels do solo exposto era, visualmente, parecida com os pixels da malha urbana do município.

Nesse ponto, optou-se por realizar a segmentação da vegetação e trabalhar, para fins de segmentação da atividade antrópica, com a vegetação da imagem segmentada. Para isso, utilizou-se o método de Otsu para segmentar a vegetação arbórea e rasteira.

Método de Otsu e segmentação da vegetação arbórea e rasteira

O método de Otsu é um algoritmo de limiarização, proposto por Nobuyuki Otsu (Otsu, 1975), sendo o seu objetivo determinar, na

imagem, o valor ideal de um limiar ótimo (*threshold*) que separe os elementos do fundo e da frente da imagem em dois *clusters*, atribuindo a cor branca ou preta para cada um deles. Devido a essa característica, o método funciona bem para situações de imagens com histogramas bimodais, podendo ser divididas, adequadamente, por um único valor.

Inicialmente, calculou-se o histograma da imagem em níveis de cinza de cada entrada (R, G e B). A partir disso, para cada valor possível de um *threshold*, foram calculados os pesos e médias para as classes da frente e fundo da imagem. Após todas as interações, o limiar ótimo escolhido foi aquele que apresentou o maior valor para a variância entre as classes.

Por fim, realizou-se a 'varrição' de cada pixel na imagem e foi verificado o seu valor. Caso esse valor fosse igual ou superior ao *threshold*, a cor do pixel seria redefinida como branca. Se o tom do pixel fosse inferior ao limiar ótimo, sua nova cor seria preta. Com isso, a saída da imagem será binarizada em dois tons (preto e branco). Entretanto, foi necessário realizar a transformação da imagem binarizada para a imagem RGB, de forma com que, mesmo com os canais RGB, a imagem apresentasse a sua parte segmentada e a sua parte RGB.

Crescimento de regiões

A fim de verificar a possibilidade de segmentar a área de extração mineral a céu aberto e a malha urbana do município de Paracatu, optou-se pelo método de CR. Essa técnica agrupa pixels em regiões maiores com base em critérios de crescimento iniciados a partir de um pixel semente (*seed*), sendo esse, selecionado na região em que se tem interesse de realizar o crescimento e/ou segmentação. Durante o crescimento, os pixels com características semelhantes a semente são acrescidos à região, de forma com que não haja mais pixels a serem adicionados (Zucher, 1976).

Araújo et. al. (2014) ratifica que todo esse procedimento ocorre por meio de interações sucessivas e de forma que toda a região seja percorrida. Porém, é importante destacar que, quando não existe mais pontos com as características da semente conectados por aquela região, pode-se definir outra semente que ainda não tenha sido percorrida e todo o processo deve ser iniciado novamente. Por fim, a região segmentada será representada por todos os pixels que foram aceitos durante os processos de crescimento. Ademais, o critério de similaridade depende, fortemente, do problema analisado e das características da imagem (Sarmiento e Pereira, 2015).

Operação morfológica de fechamento

Devido as falhas nos procedimentos anteriores, foi necessário realizar a operação morfológica de fechamento nas regiões segmentadas, de forma que as imperfeições fossem acrescidas das regiões originais da imagem.

Limiarização

A fim de realizar a comparação do resultado obtido pelo método de Otsu com a técnica de limiarização, realizou-se, também para segmentar a vegetação, a limiarização da imagem. Basicamente, essa técnica consiste em classificar pixels de uma imagem de acordo com as especificações de um ou mais limiares. Ao se considerar uma imagem definida por $f(x, y)$, em que cada ponto (x, y) possui um valor para o pixel, por meio da seleção de um limiar T (valor de referência para um objeto) é possível realizar a separação do objeto desejado do fundo da imagem, pois se compara cada pixel de $f(x, y)$ e, caso o valor de determinado ponto na posição (x, y) for menor que T , denomina-se um ponto do objeto, caso contrário, é denominado um ponto do fundo da imagem fundo da (Pedrini e Schwartz, 2008).

Revisão de literatura

Ordenamento territorial e expansão urbana

A compreensão da dinâmica de crescimento das cidades, do ponto de vista físico e territorial, vem desafiando a prática científica nas últimas décadas, principalmente pelo aumento das taxas de urbanização em praticamente todo o mundo. Além disso, ao se considerar as expansões que ocorreram nas cidades com o decorrer dos tempos, os problemas ambientais urbanos dizem respeito tanto aos processos de construção como ao processo de expansão (Grostein, 2001; Bernardini, 2018).

Tanto a expansão urbana como o crescimento populacional trazem à tona problemas ambientais e, também, de gestão e planejamento, pois, com isso, existe a demanda crescente por habitação, infraestrutura, saneamento, serviços de saúde e educação, entre outros equipamentos. À medida com que a cidade cresce, são aterrados corpos hídricos, cortadas encostas e ocupadas margens de rios e áreas naturais. Entretanto, por mais que esses impactos negativos ocorram, a expansão do perímetro urbano para construção de conjuntos habitacionais ou mesmo para regularizações de ocupações espontâneas é uma realidade nas cidades brasileiras (Lima et al., 2019). Tudo isso, entretanto, tem causado a degradação progressiva de áreas de mananciais, com a implantação de loteamentos irregulares e a instalação de usos e índices de ocupação incompatíveis com a capacidade de suporte do meio (Braga, 2001).

A legislação urbana é o principal instrumento de controle no processo de ordenamento territorial, porém, esse instrumento, de competência do governo municipal, nem sempre ocorre de forma eficiente, provocando, dessa forma, efeitos maléficos, como áreas mais valorizadas que outras e terras estocadas para especulação imobiliária, afastando a população mais carente para a periferia com infraestrutura e serviços precários ou para áreas ambientalmente inadequadas (Braga, 2001). Nesse sentido, Weise et al. (2013), ao investigarem medidas para combater a especulação imobiliária, reafirmaram que o Plano Diretor é um instrumento de planejamento urbano de longo prazo, ou seja, conforme os autores, esse instrumento consegue regular a oferta de terrenos e imóveis bem como os preços oferecidos e, de forma geral, tanto pode ter efeitos positivos como negativos na construção da sustentabilidade urbana.

Diante desse cenário, novas propostas para o planejamento e para o ordenamento do território avançam na perspectiva de um olhar sistêmico que possa envolver a vontade política, a participação da sociedade, a qualidade no projeto urbano, forma de distribuição e o consumo do espaço (Lima et al., 2019).

Atividades antrópicas, planejamento urbano e os conflitos socioambientais em Paracatu – MG

O conceito de planejamento urbano sempre esteve relacionado a outros termos, como, por exemplo, gestão urbana e urbanismo. Entretanto, todos esses termos possuem a cidade como algo em comum (Duarte, 2009). Para Oliveira (2011), o planejamento urbano é um dos elementos fundamentais para compreender a real situação do espaço urbano, pois, na busca pela manutenção de seus interesses, gestores utilizam o espaço urbano de maneira desigual e contraditória, em que os interesses individuais sobressaem sobre o coletivo. Assim sendo, as técnicas de PDI, atreladas ao SR e associadas aos métodos convencionais de análise, constituem-se em instrumentos importantes para realizar um planejamento urbano adequado (Barros e Lombardo, 2013).

É nesse contexto que surgem as preocupações com a degradação do ambiente urbano e a qualidade de vida urbana, principalmente em áreas ocupadas por atividades com alto poder de impactar, negativamente, o meio ambiente, pois, no Brasil, geralmente, não faz parte das políticas de planejamento a gestão do espaço urbano, o que acaba potencializando, ainda mais, problemas socioambientais que tem relação com o comportamento do clima urbano (Silva et al., 2017).

Nesse cenário, Souza (2004) afirma que as cidades que são mal planejadas sofrem graves problemas com o fenômeno de ilha de calor, sendo evidente para Silva et al. (2017) a necessidade do desenvolvimento de estudos que tratem sobre o clima urbano, sobretudo com trabalhos capazes de subsidiar o planejamento urbano, visto que o crescimento acelerado e desordenado das cidades e das atividades antrópicas localizadas em suas proximidades é caracterizado como o principal responsável pelos problemas socioambientais ligados ao comportamento climático urbano.

Atividade de mineração em Paracatu – MG

No município de Paracatu - MG está localizada uma das maiores minas de exploração de ouro (Au) a céu aberto do Brasil (Kinross, 2021), sendo essa, realizada, inicialmente, pela empresa Rio Paracatu Mineração (RPM) no Morro do Ouro (denominação do local onde encontra-se a exploração mineral atualmente), justamente no limite da zona urbana da cidade (Andrade et al., 2019). Em 2003, a empresa canadense Kinross Gold Corporation adquiriu participação nos lucros da mina. Já no ano seguinte, a empresa canadense adquiriu o que restava do capital da RPM e, em 2005, iniciou suas atividades em Paracatu (Kinross, 2021).

Atualmente, a exploração mineral da Kinross em Paracatu trabalha com o menor teor aurífero do mundo (0,4 gramas por tonelada de minério) (Kinross, 2021). Além do Au, a mineração no município ocorre, também, com a exploração de Zinco (Zn) e Chumbo (Pb), sendo esses de responsabilidade da multinacional Nexa Resources, com início das operações datada em 1988 (Nexa, 2021). Em Paracatu, a empresa atua na atividade de mineração na mina Morro Agudo, situada a, aproximadamente, 50 km da malha urbana do município.

O contexto socioambiental relacionado à atividade de mineração no município engloba conflitos de interesse de todas as partes da sociedade. Diante dos fatores que impactam, negativamente, a população do município, destaca-se o fato de que, diariamente, no período da tarde (entre 15 h e 16 h), centenas de buracos são detonados com explosivos. Vale ressaltar que, no Brasil, o minério de onde é extraído o Au é rico em arsenopirita, ou seja, o Au encontra-se associado ao As (Araujo et al., 2014).

Resultados e discussão

Na Figura 2 está disposta a imagem que foi escolhida para se trabalhar nos procedimentos posteriores.



Figura 2. Imagem escolhida.

Na Figura 3 e Figura 4 estão dispostos os histogramas das bandas da imagem. Na Figura 5 e na Figura 6 estão dispostas as imagens binárias

segmentadas. Ressalta-se que, nesta etapa, devido às suas respectivas discrepâncias, trabalhou-se apenas com a banda R e a banda G.

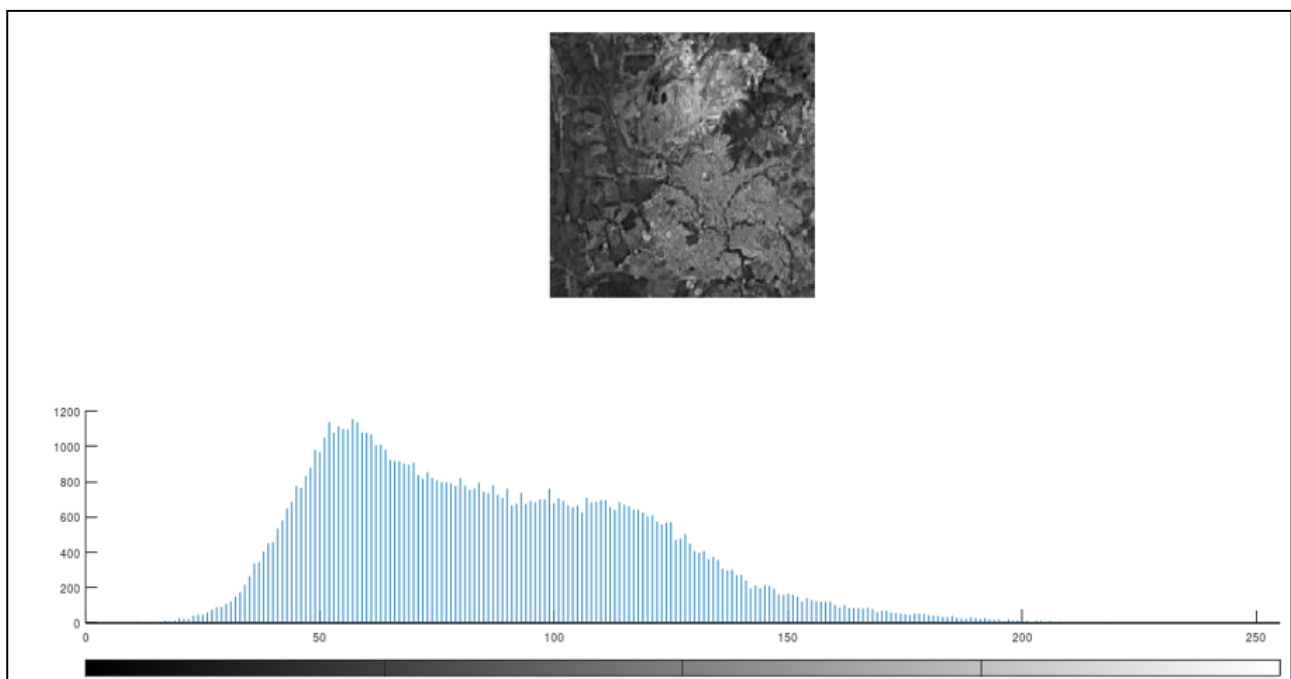


Figura 3. Histograma do canal G.

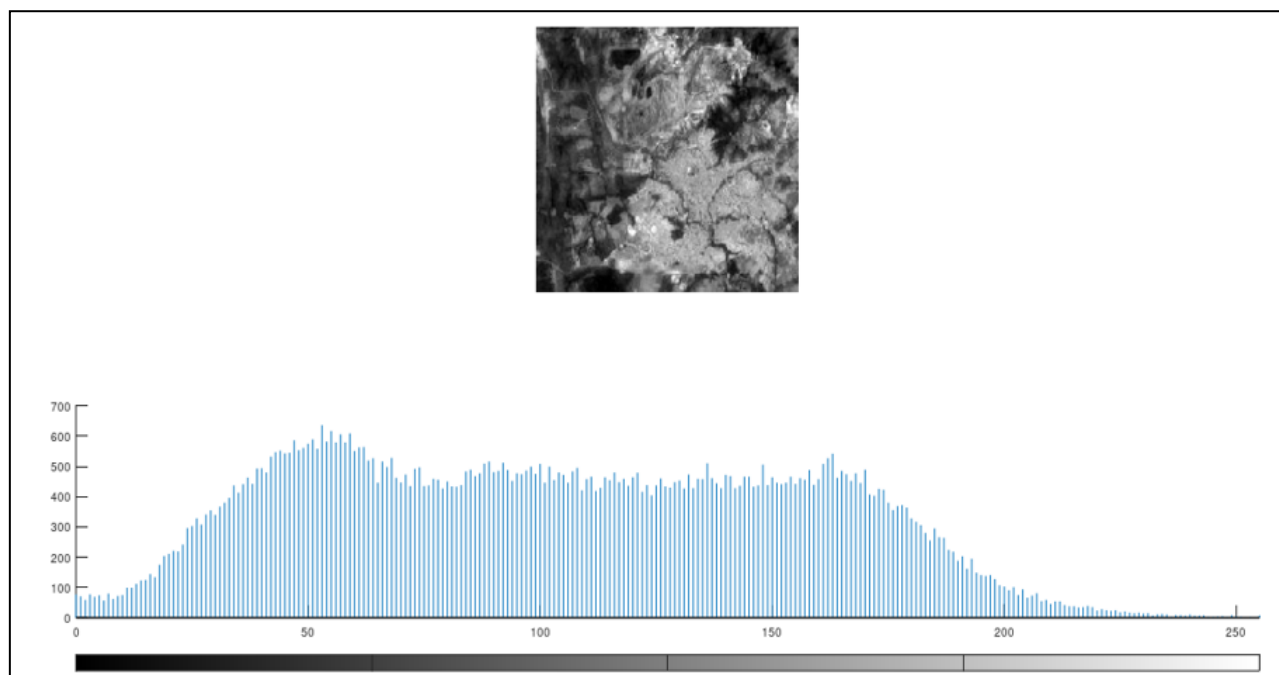


Figura 4. Histograma do canal R.

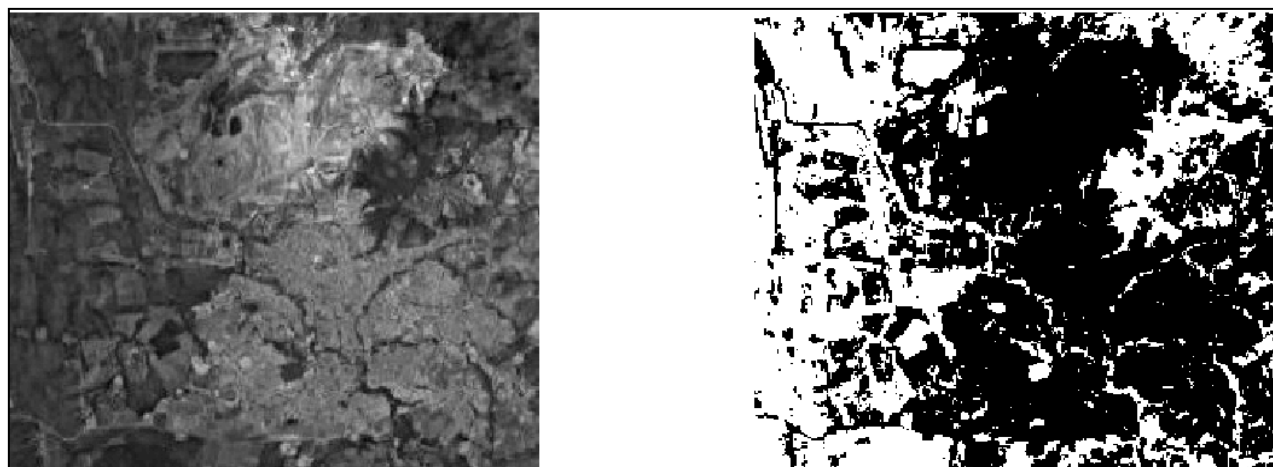


Figura 5. Binarização do canal G após aplicação do método de Otsu.

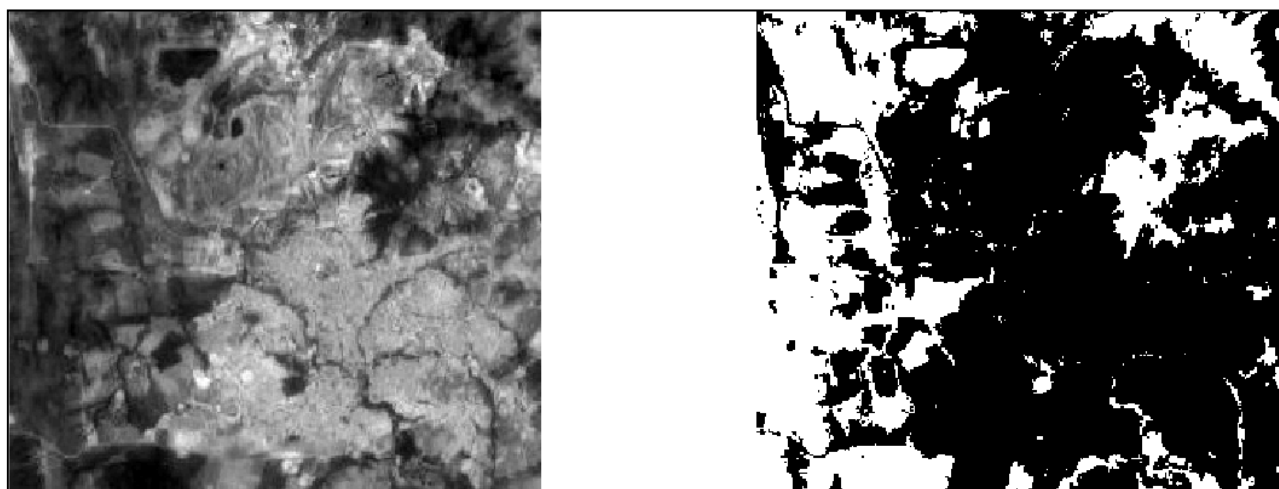


Figura 6. Binarização do canal R após aplicação do método de Otsu.

Diante dos resultados obtidos foi possível verificar, por meio dos limiares ótimos obtidos para as bandas R (106) e G (112), bem como pela posterior junção das bandas, que praticamente toda

a vegetação foi segmentada, restando apenas algumas áreas que contêm solo exposto e vegetação rasteira, conforme apresentado na Figura 7.



Figura 7. Segmentação das bandas R e G por meio do método de Otsu.

Com grande parte da vegetação segmentada, foi possível iniciar a segmentação da malha urbana e da área de extração mineral a céu aberto. Neste ponto, utilizou-se o CR em ambas as áreas.

Com relação ao CR da malha urbana, foi necessário realizar a separação das sementes em 2 partes, haja vista que existe um córrego (córrego Rico) que corta toda a cidade e, ao realizar o aumento do tamanho das sementes, a segmentação ocorria de forma irregular e extrapolando os limites da atividade antrópica. Na Figura 8 é apresentado o rio que corta a cidade. Ressalta-se que outros rios também atravessam a cidade, mas, devido à resolução da imagem, apenas o maior rio

apresentou problemas no que tange à respectiva técnica.

Na Figura 9 e na Figura 10 estão dispostos os respectivos CRs da malha urbana do município de Paracatu – MG e, na Figura 11, o CR após a junção dos respectivos crescimentos.

Com relação ao CR da atividade de mineração, adotou-se o mesmo procedimento da malha urbana, haja vista que existem alguns pontos na área de extração a céu aberto que possuíam a coloração diferente. Esse fator se deve a, entre outros fatores, diferenças nas profundidades das cavas e do local de onde está havendo a exploração mineral. Na Figura 12 e Figura 13 estão demonstradas os respectivos CRs. Na Figura 14 apresenta-se a junção do CR para a área de extração a céu aberto.



Figura 8. Córrego Rico e separador do CR.



Figura 9. CR da malha urbana do município de Paracatu – MG.

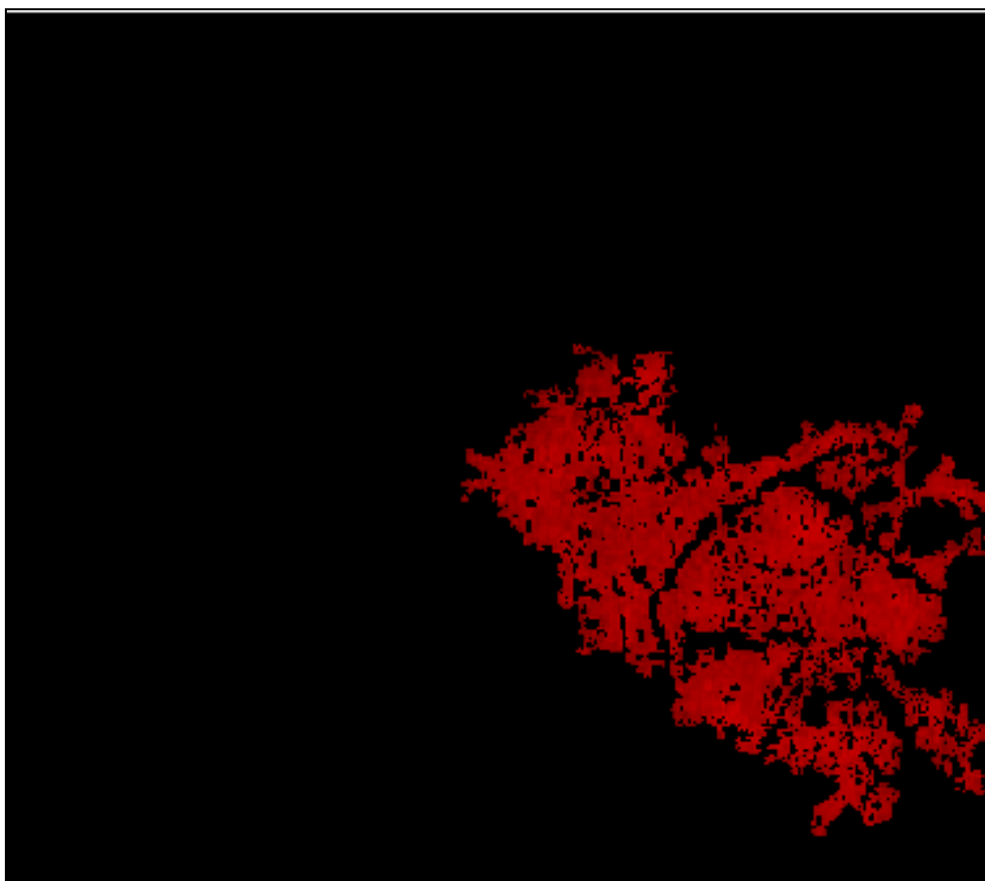


Figura 10. CR da malha urbana do município de Paracatu – MG.



Figura 11. Junção dos CRs da malha urbana do município de Paracatu – MG.

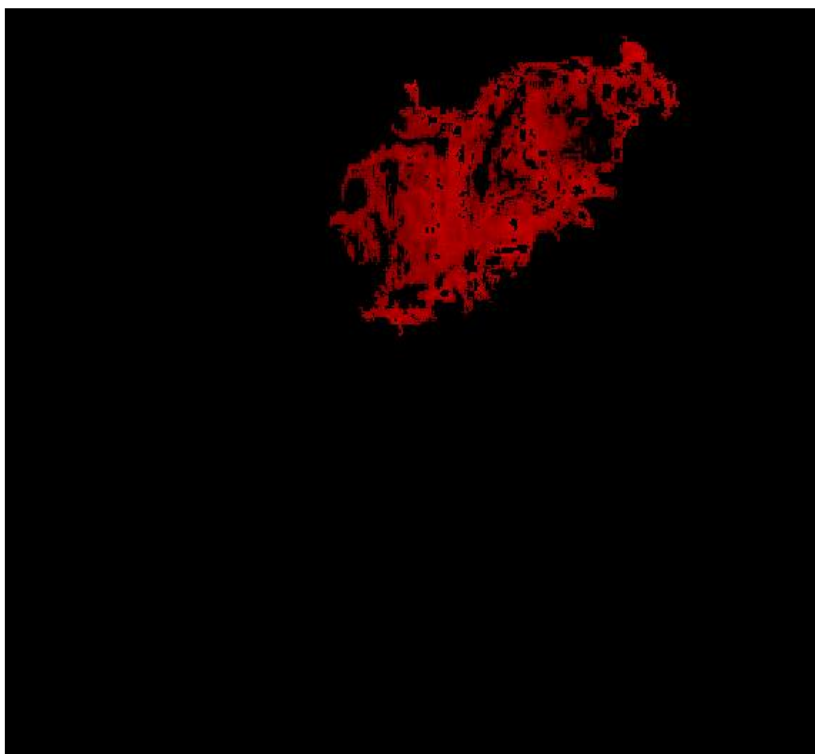


Figura 12. CR da área de extração mineral a céu aberto.

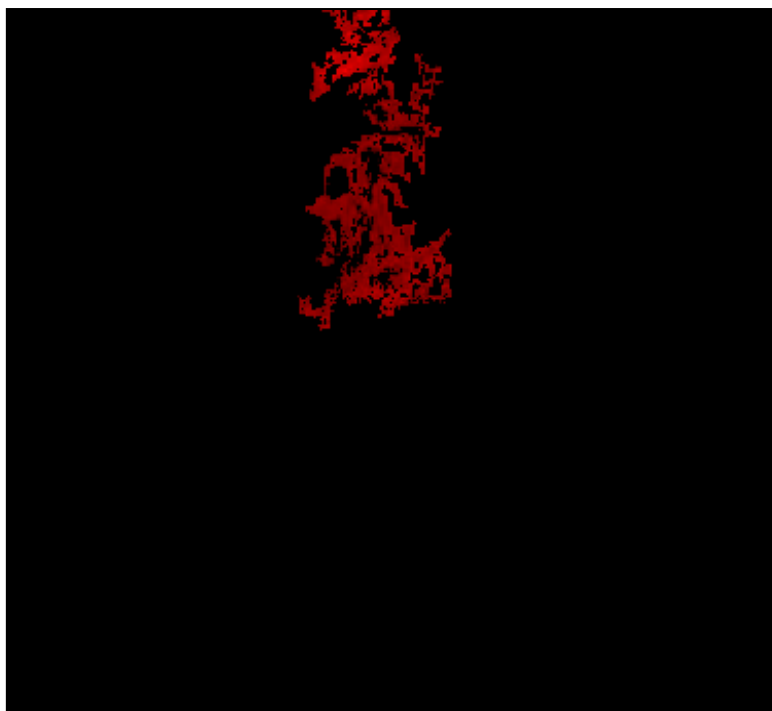


Figura 13. CR da área de extração mineral a céu aberto.

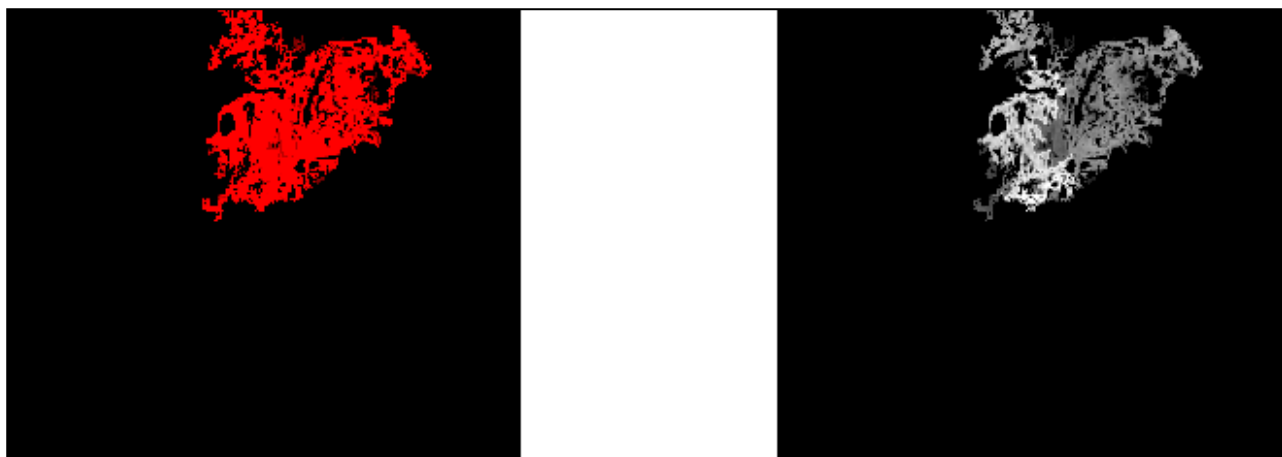


Figura 14. Junção dos CRs da área de extração mineral.

A partir dos resultados do CR foi possível verificar que, no procedimento realizado em ambas as áreas, ocorreram porções em que o CR foi falho na filtragem de pixels, porém, esse resultado foi considerado normal, principalmente, devido às atenuações da atmosfera e às consequências naturais que uma imagem orbital está sujeita. Dessa forma, utilizou-se a operação morfológica de

fechamento. Nesta etapa, realizou-se, também, a junção das áreas segmentadas e a transformação da imagem binária para a imagem RGB. O resultado dessa etapa, aqui denominado de resultado da segmentação das atividades antrópicas, está disposto na Figura 15

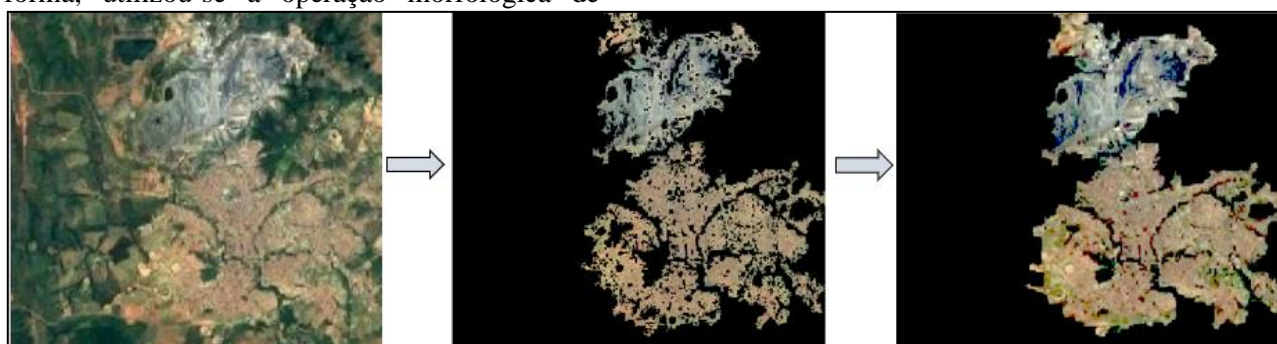


Figura 15. Segmentação final das atividades antrópicas.

Por último, foi possível verificar, por meio de histograma e das bandas R e G, a possibilidade de segmentar a vegetação arbórea e rasteira por meio do limiar 80 para a banda R e 70 para a banda G (Figura 16). A nova aplicação do método de Otsu está disposto na Figura 17.

Esse resultado mostrou-se similar ao de Xu et al. (2011), que obtiveram sucesso com a modificação no método de Otsu e determinação de um novo limiar, sendo essa, denominada de *Range-Constrained Otsu Method* (Método de Otsu com restrição de alcance).



Figura 16. Segmentação por limiarização.

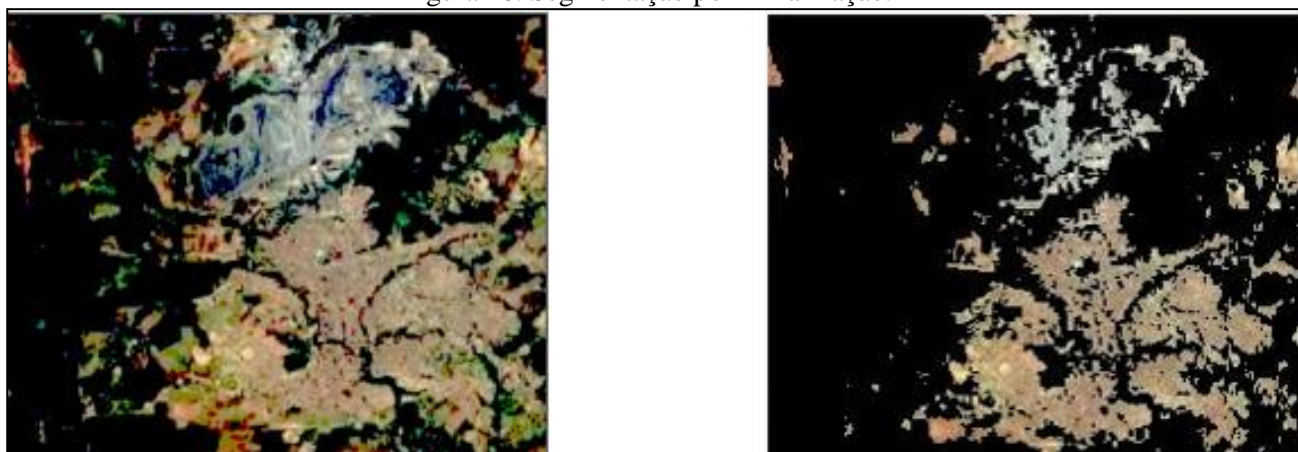


Figura 17. Segmentação por método de Otsu.

Conclusão

Os procedimentos que foram utilizados com o intuito de identificação e extração das feições das atividades antrópicas, por meio das técnicas de PDI, proporcionaram um resultado satisfatório e apresentam uma série de benefícios, tais como: extrair informações acerca da cobertura vegetal; otimizar os projetos com enfoque na gestão urbana e; auxiliar na gestão ambiental natural. Além do mais, o método utilizado permite a obtenção de resultados confiáveis e rápidos, possibilitando a análise de um grande número de amostras e permitindo o arquivamento de imagens que podem ser utilizadas para análises próximas.

Com base nos resultados apresentados, recomenda-se que trabalhos futuros possam ser desenvolvidos e objetivados para testar as análises de forma multitemporal, a fim de verificar a real expansão das respectivas áreas.

Agradecimentos

Os autores desta pesquisa agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de

Nível Superior (CAPES), o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e a Prefeitura de Paracatu – MG pelo apoio e suporte bibliográfico para a realização desse trabalho.

Referências

- Albuquerque, M. P., Albuquerque, M. P., 2000 Processamento de imagens: métodos e análises. Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas MCT. Disponível: <https://www.cbpf.br/cat/pdsi/pdf/ProcessamentoImagens.PDF>. 23 jun. 2022.
- Andrade, L. F. S., Alcântara, V. D. C., Paiva, A. L. D., 2019. Contradições do espaço social: estudo das representações produzidas pelos atingidos pela mineração de ouro em Paracatu, MG. Farol-Revista de Estudos Organizacionais e Sociedade, Belo Horizonte 6, 79-114.
- Araujo, E. R., Olivieri, R. D., Fernandes, F. R. C., 2014 et. al. Atividade mineradora gera riqueza e impactos negativos nas comunidades e no meio ambiente. CETEM/MCTI, Rio de Janeiro.

- Araújo, R. V. O., 2022. A criação de um modelo de Natural Language Processing para extração de habilidades técnicas na área de Ciência de Dados. Dissertação (Mestrado). Lisboa, UNL.
- Barros, H. R.; Lombardo, M. A., 2013. Zoneamento climático urbano da cidade do Recife: uma contribuição ao planejamento urbano. GEOUSP Espaço e Tempo [Online] 17. Disponível: <https://www.revistas.usp.br/geousp/article/view/74310/77953>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Bernardini, S. P., 2018. O planejamento da expansão urbana na interface com a urbanização dispersa: uma análise sobre a região metropolitana de Campinas (1970-2006). *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* 10, 172-185.
- Braga, R., 2001. Política urbana e gestão ambiental: considerações sobre o plano diretor e o zoneamento urbano. *Perspectivas de gestão ambiental em cidades médias. LPM-UNESP* 15, 17-33.
- Campara, M. J. V., 2021. Desenvolvimento de uma ferramenta mobile para teste Elisa em microcircuitos e detecção de cores com inteligência artificial. Tese (Doutorado). São Paulo, USP.
- Castilhos, Z. C., Capitani, E. M. de., Jeus, I. M. de., Bidone, E. D., Mello, W. Z. de., Lima, M. O., Faial, K. R. F., Mataveli, L. R. V., Arauz, L. J. de., Silva, L. I. D. da., Ferreira, A. P., Távora, R. S., Mertens, F. Avaliação da contaminação ambiental por arsênio e estudo epidemiológico da exposição humana em Paracatu-MG - Brasil. *Fronteiras: Journal of Social, Technological and Environmental Science* [Online] 9. Disponível: <https://doi.org/10.21664/2238-8869.2020v9i1.p186-211>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Dorigon, L. P. Amorim, M. C. C. T., 2013. Estrutura térmica da superfície de Paranavaí/PR através do Landsat 7. *Caderno Prudentino de Geografia, Presidente Prudente* 2, 110-129.
- Duarte, F., 2009. Planejamento urbano. [s.l.], Ibipex, São Paulo.
- Durães, M. C. O., Maia Filho, B. P., Barbosa, V. V., Figueiredo, F. P. de., 2017. Caracterização dos impactos ambientais da mineração na bacia hidrográfica do Rio São Lamberto, Montes Claros/MG. *Caderno de Ciências Agrárias* 9, 49-61. Disponível: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/ccaufmg/article/view/2957/1793>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Faccio, T. A. de., 2020. Análise de características em imagens digitais na tarefa de segmentação interativa. Dissertação (Mestrado). Presidente Prudente, UNESP.
- Gama, C., 2022. Monitoramento ambiental: estudo de caso no distrito agropecuário da SUFRAMA, Dialética, Manaus.
- Gonzalez, R.C., Woods, R. E., 2010. Processamento de imagens digitais. 3 ed. Edgar Blücher, São Paulo.
- Grostein, M. D., 2001. Metrópole e expansão urbana: a persistência de processos "insustentáveis". *São Paulo em perspectiva* 15, 13-19.
- He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., Girshick, R., 2017. Mask R-CNN. *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2980-2988.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2021. Censo Demográfico. Paracatu.
- Júnior, J. L. O., Soares, J. B., 2019. Desenvolvimento de metodologia para avaliação da adesividade agregado-ligante com o uso de processamento digital de imagem. *TRANSPORTES* [Online] 27. Disponível: <https://doi.org/10.14295/transportes.v27i1.1552>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- KINROSS. Conheça a Kinross. Paracatu, 2021. Disponível: <http://www.kinross.com.br/a-kinross/conheca/>. Acesso em: 15 jun. 2021.
- Lima, S. M. S. A., Lopes, W. G. R., Façanha, A. C., 2019. Desafios do planejamento urbano na expansão das cidades: entre planos e realidade. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana* 11, 16 p.
- Manavalan, R., 2020. Automatic identification of diseases in grains crops through computational approaches: A review. *Computers and Electronics in Agriculture* [Online] 178. Disponível: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105802>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Milanez, B., 2017. Mineração, ambiente e sociedade: impactos complexos e simplificação da legislação. *Boletim regional, urbano e ambiental, Ipea* 16, 93-101. Disponível: http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/7936/1/BRU_n16_Minera%20a%20a3o.pdf. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Millán, V. E. G., Teuwsen, S., Münster, K. P., 2013. Description of a Flooding Process in Mining Areas using spectral Indices on multi-temporal Landsat Imagery. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 5, 427-436.

- Negri, R. G., Silva, M. F. S., Um novo método de segmentação de imagem com abordagem baseada em bordas e regiões. *Revista Brasileira de Cartografia* 65, 441-453.
- NEXA. Conheça a Nexa: história. São Paulo, 2021. Portal. Disponível: <https://www.nexaresources.com/pt/history>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- Oliveira, D.A.M., 2011. Discurso e planejamento urbano no Brasil. *Revista Geográfica de América Central* [Online] 2. Disponível: <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/2213>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Otsu, N., 1975. A threshold selection method from gray-level histograms. *Automatica*, 11, 23-27.
- Padmanaban, R., Bhowmik, A. K., Cabral, P., 2017. A Remote Sensing Approach to Environmental Monitoring in a Reclaimed Mine Area. *International Journal of Geo-Information* 6, 401. Disponível: <https://doi.org/10.3390/ijgi6120401>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Pedriani, H.; Schwartz, W. R., 2008. *Análise de Imagens Digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações*. Thomson Learning, São Paulo.
- Pedriani, H. Schwartz, W. R., 2018. *Histologia do Fígado, Vias Biliares e Pâncreas*, in *Análise de imagens digitais: Princípios, Algoritmos e Aplicações*, Thomson Learning, São Paulo.
- Pimentel, H. U. A história de Paracatu. Paracatu, 2021. Disponível: <http://paracatu.mg.gov.br/cidade>. Acesso em: 28 abr. 2022.
- Raja, C., Balaji, L., 2019. An automatic detection of blood vessel in retinal images using convolution neural network for diabetic retinopathy detection. *Pattern Recognition and Image Analysis* 29, 533-545.
- Rezende, P. S. N., 2017. Mapeamento temático por imagens de satélite: subsídio à atividade de mineração quartzítica do município de Ouro Branco (RN). *Revista Geociências - UNG-Ser* 16, 46-68.
- Sánchez, L. E. Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos, 2 ed. Oficina de Textos, São Paulo.
- Santos, J. P., Jardim, H. L., 2019. Análise da alteração de uso e cobertura do solo na bacia do rio Gualaxo do Norte-MG através da comparação de duas técnicas do sensoriamento remoto. *Caminhos de Geografia* [Online] 20. Disponível: <https://doi.org/10.14393/RCG206941129>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Sarmiento, R. M., Pereira, R., 2015. Segmentação de acidente vascular cerebral em imagens de tomografia computadorizada: Um estudo comparativo. VII Simpósio de Instrumentação e Imagens Médicas (SIIM 2015). Campinas: UNICAMP.
- Silva, A. Q. N., 2019. Correlação de Imagens Digitais em Ensaio de Compressão Diametral em Rochas. Tese (doutorado). Belo Horizonte, UFMG.
- Silva, G. A. B.; David, P. L. B; Bianchi, G., 2017. A utilização do SIG para o planejamento urbano. *Revista Científica ANAP Brasil* [Online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.17271/19843240102120171675>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Silva Junior, E. J., 2021. Método CID aplicado na Calibração de Modelo MEF de Descolamento de Interface Coesiva Rocha-argamassa. Dissertação (Mestrado). Foz do Iguaçu, UNILA.
- Souza, L. C. L., 2004. Ilhas de calor. *Jornal Unesp* 18, p.11.
- Takahashi, A., Bedregal, B. R. C., Lyra, A., 2005. Uma versão intervalar do método de segmentação de imagens utilizando o k-means. *TEMA* 6, 315-324.
- Tavares, L. C., da Costa, J. A., Araújo, A. R. R., Garcia, F. H. M., Carneiro, F. da S., do Amaral, A. P. M., Braga, E. O., Garcia, T. de S., 2021. O uso do índice de vegetação por diferença normalizada na análise multitemporal da cobertura vegetal no complexo industrial do município de Barcarena-Pará-Brasil. *Research, Society and Development* [Online] 10. Disponível: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.15470>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Weise, A. W., Philips, J. W., Hochheim, N., Trierweille, A. C., Bornia, A. C., 2013. Contramedidas da especulação imobiliária no mercado residencial. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, 20, 124-141.
- Xu, X., Xu, S., Jin, L., Song, E., 2011. Characteristic analysis of Otsu threshold and its applications. *Pattern Recognition Letters*, [Online] 32. Disponível: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167865511000365>. Acesso em: 23 jun. 2022.
- Zangh, A., Lipton, Z. C., Li, M., Smola, A. J., 2021. Dive into Deep Learning. In: Cornell University. arXiv [Online] 2. Disponível: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2106.11342>. Acesso em: 23 jun. 2022.

- Zeebaree, D.Q., Haron, H., Abdulazeez, A.M.
Zebari, D. A., 2019. Machine learning and region growing for breast cancer segmentation. Int Conf. Adv. Sci. Eng., jun. 2022, pp. 88-93.
- Zis, L. E., 2020. Segmentação de objetos em imagens RGB-D: um comparativo entre abordagens tradicionais e baseadas em aprendizado de máquina. Dissertação (Mestrado). Florianópolis, UFSC.
- Zucker, S. W., 1976. Region growing: Childhood and adolescence. Computer Graphics and Image Processing, 5, 382 – 399.
- Zurssa, L.R., Martins, A. C. G., 2022. Análise Automática do Uso do Solo no Entorno de Rodovias Usando uma Abordagem *Fuzzy*. Trends in Computational and Applied Mathematics, 23, 383-3