

Mapeamento de uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Descoberto, no Distrito Federal, por meio de classificação orientada a objetos com base em imagem do satélite Landsat 8 e softwares livres

RESUMO

Giancarlo Brugnara Chelotti
giancarlo.chelotti@gmail.com
orcid.org/0000-0003-0715-1306
Universidade de Brasília, Instituto de Geociências (IG/UNB), Brasília, Distrito Federal, Brasil.

A bacia hidrográfica do Alto Descoberto, principal fonte de água e responsável por 60% do abastecimento agrícola do Distrito Federal, vem sofrendo intensas alterações no uso da terra nos últimos anos, fazendo-se necessário seu monitoramento. No âmbito da classificação de imagens de satélite, a Classificação Orientada ao Objeto – OBIA (*Object Based Image Analysis*) vem ganhando importância. As técnicas utilizadas pela OBIA possuem uma nova abordagem, promovendo uma classificação baseada em objetos identificáveis na imagem, ao invés de *pixels* isolados. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta um mapa de uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do Alto Descoberto, obtido por meio de técnicas de OBIA com base em uma imagem obtida pelo satélite Landsat – 8 e uso exclusivo de *softwares* livres. As etapas desenvolvidas foram pré-processamento, segmentação, classificação por meio de amostras de treinamento e regras de decisão, e avaliação de qualidade. O resultado da classificação mostrou-se satisfatório, apresentando índices *Kappa* e *Tau* de 68,45% e 74,88%, respectivamente.

PALAVRAS-CHAVE: Classificação orientada ao objeto. OBIA. *Software* livre. Uso do solo.

INTRODUÇÃO

O homem ao longo de sua existência vem modificando o ambiente natural, muitas vezes de forma inadequada, principalmente com a expansão agrícola e urbana, acentuando o processo de degradação do ambiente, desmatamento da cobertura vegetal e desaparecimento de espécies, causando impactos negativos para o meio ambiente e interferindo em sua sobrevivência (ALMEIDA JÚNIOR et. al., 2014).

A bacia hidrográfica do Alto Descoberto, no Distrito Federal, vem sofrendo intensas alterações no uso da terra nos últimos anos. Desde a criação do Reservatório do Descoberto, em 1974, a região vem se destacando pelo potencial agrícola, principalmente pelas culturas de tomate, morango e goiaba. A cidade satélite de Brazlândia, a mais importante da bacia, possui a terceira maior produção morango do Brasil e é responsável por cerca de 60% do abastecimento agrícola do Distrito Federal (DISTRITO FEDERAL, 2015).

Entretanto, o intenso uso dos recursos naturais e a recente alteração das mudanças no uso do solo tem trazido sérias consequências, em especial para o reservatório do Descoberto, principal fonte de abastecimento de água do Distrito Federal.

Nesse cenário, torna-se cada vez mais importante o desenvolvimento de ações que auxiliem na conservação e recuperação dos recursos naturais e da qualidade de vida, como a implementação de estudos sobre o uso da terra.

Desde a década de 1960 o Sensoriamento Remoto vem se demonstrando uma importante ferramenta para o estudo da superfície terrestre. Ao longo dos anos o desenvolvimento tecnológico dessa disciplina foi intenso, proporcionando o surgimento de diversos sensores de alta resoluções espacial, espectral e temporal. Junto com a evolução dos sensores, ocorreu a evolução das ferramentas de processamento dos dados produzidos, dentre as quais se destacam os classificadores.

No âmbito da classificação de imagens de satélite, a Classificação Orientada ao Objeto – OBIA (*Objetc Based Image Analysis*) vem ganhando importância nos últimos anos. As técnicas utilizadas pela OBIA possuem uma nova abordagem, promovendo uma classificação baseada em objetos identificáveis na imagem, ao invés de *pixels* isolados, oferecendo meios para a representação e processamento do conhecimento humano sobre características específicas dos alvos, tais como cor, textura, formato, contexto, tamanho, relações de vizinhança, entre outros (PASSO et al., 2013).

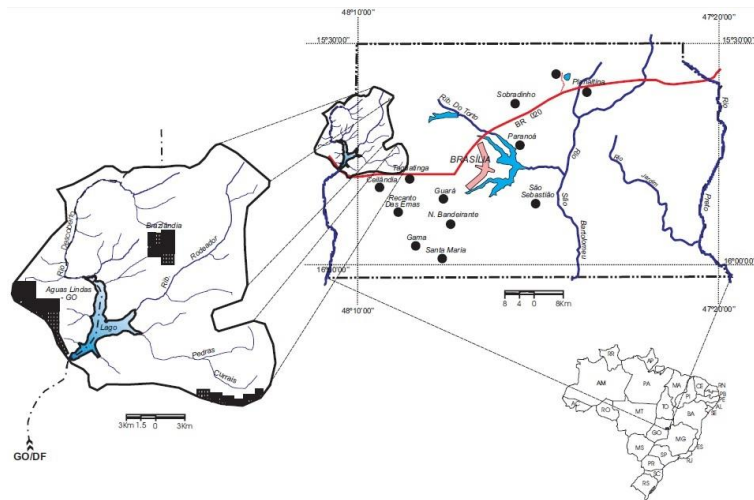
A despeito da evolução tecnológica nessa área do conhecimento, a maior parte das soluções geoespaciais ainda são proprietárias, com difícil acesso e alto custo, em especial para o Poder Público brasileiro (PASSO et al., 2013).

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho é a realização do mapeamento do uso do solo na bacia hidrográfica do Alto Descoberto obtido por meio de técnicas de OBIA com base em uma imagem obtida pelo sensor OLI, a bordo do satélite Landsat – 8 e uso exclusivo de *softwares* livres.

ÁREA DE ESTUDO

A bacia hidrográfica do Alto Descoberto corresponde à porção norte da bacia hidrográfica do rio Descoberto, sendo considerado como exutório dessa a Barragem do Descoberto. Ela está localizada na região Centro Oeste, inserida parte no Distrito Federal e outra no Estado de Goiás, tendo em seu interior a cidade satélite de Brazlândia (DF) e parte das cidades de Taguatinga (DF) e Águas Lindas (GO). Situa-se entre as latitudes 15° 35' e 15° 48' S e as longitudes 48° 03' e 48° 15' O, abrangendo uma área de 452 km². A área de estudo do presente trabalho é delimitada pela Figura. 1.

Figura 1 – Localização da área de estudo



Fonte: Reatto et al. (2003).

Figura 2 – Recorte de imagem obtida pelo Sensor OLI do Satélite Landsat 8 para a região da Bacia do Alto Descoberto de agosto/2015. Composição de bandas: 4/3/2. Imagem fusionada com resolução espacial de 15m



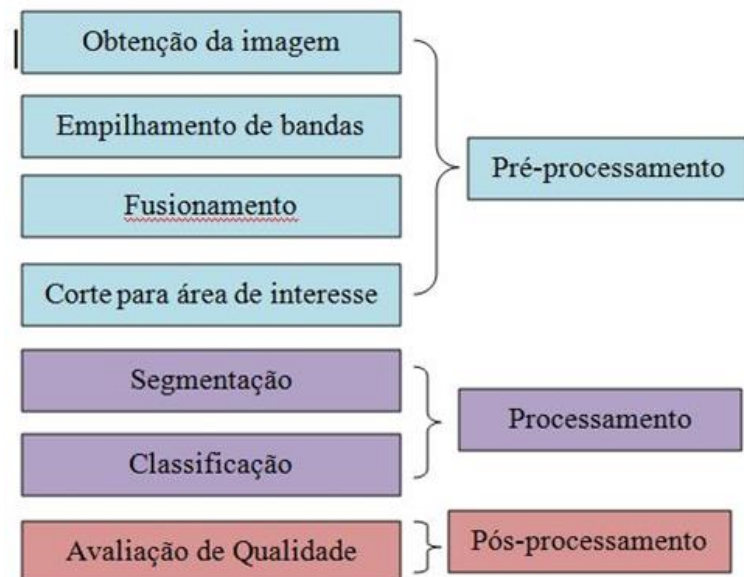
Fonte: INPE (2015).

A área de estudo possui clima tropical Aw segundo a classificação de *Koppen* e relevo predominantemente plano intermediário (FERRIGO, 2014). Quanto ao uso do solo, a área em questão é bastante heterogênea. É possível distinguir visualmente remanescentes de vegetação nativa (cerrados e matas) nas proximidades do reservatório do Descoberto e em parte do Parque Nacional de Brasília. Ocorrem ainda, maciços de florestas plantadas na área da Floresta Nacional de Brasília; bem como áreas urbanas bastante adensadas como as cidades de Taguatinga e Brazlândia, no Distrito Federal, e Águas Lindas, no Goiás. Também é possível identificar áreas agrícolas e áreas com solo exposto, conforme Figura 2.

MÉTODOS

A metodologia desenvolvida neste trabalho seguiu as etapas citadas no fluxograma apresentado na Figura. 3.

Figura 3 – Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Autoria própria (2017).

Para o mapeamento foi utilizada uma imagem obtida pelo sensor OLI a bordo do satélite Landsat-8, Órbita 221, Ponto 71, com resolução espacial de 30 metros, obtida em agosto de 2015 no sítio eletrônico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>. Os processamentos foram realizados nos *softwares* livres QGIS 2.10.1 e *InterImage* 1.43.

De posse da imagem, foram realizadas as seguintes etapas no *software* QGIS 2.10.1: empilhamento, fusionamento e corte para área de interesse.

O empilhamento consiste em unir, em um único arquivo, as bandas de uma imagem de satélite. O procedimento foi realizado com a ferramenta **miscelânea; mosaico**, na aba **raster**. Nesta etapa foram empilhadas as bandas 1 a 7.

Visando melhorar a resolução espacial da imagem de 30 metros para 15 metros. Primeiramente foi realizada uma sobreposição de bandas entre a banda 8 (pancromática), com resolução espacial de 15m, e o empilhamento obtido na

etapa anterior, por meio da ferramenta *Superimpose sensor* disponível na **Caixa de Ferramentas Orfeo**. Após a sobreposição, foi realizada a fusão propriamente dita por meio da ferramenta *Pansharpening (rcs)* também disponível na **Caixa de Ferramentas Orfeo**.

O processo de fusão de bandas consiste em reamostrar os componentes das demais bandas espectrais para a resolução espacial da banda pancromática, sintetizando uma nova imagem com a resolução dessa banda. (MENESES; ALMEIDA, 2012). A imagem fusionada foi cortada para a região de interesse por meio da ferramenta **extrair; recorte**, na aba **raster**.

As etapas de segmentação; definição de classes; coleta de amostras de treinamento e definição de regras de decisão foram realizadas no *software InterImage 1.43*.

A segmentação foi realizada utilizando-se operador **Baatz Segmenter**, que realiza uma segmentação multi escala proposta por Baatz e Schape (2000). Essa técnica pode ser descrita como uma técnica de união de regiões, baseada em critérios de homogeneidade e grau de encaixe em uma região. Os dois principais componentes da segmentação multi escala são a decisão heurística para determinar os objetos de imagem que se unirão a cada passo, e a definição de uma homogeneidade de objetos da imagem para calcular o grau de encaixe par a par desses objetos (segmentos).

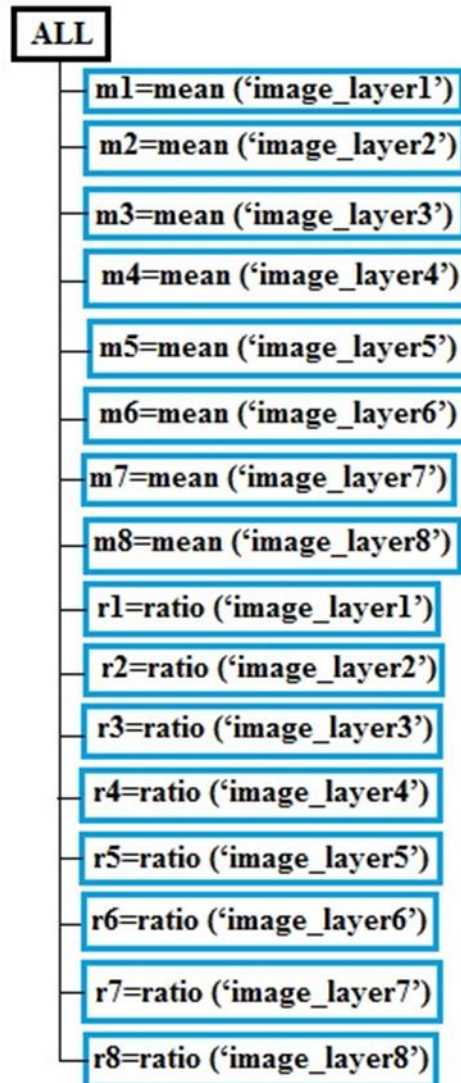
As classes de uso do solo foram estabelecidas a partir da análise de feições presentes na área de estudo e a resolução espacial e espectral da imagem do sensor OLI, sendo definidas as seguintes:

- a) Água: englobam tanto corpos d'água naturais como lagos e lagoas, quanto corpos d'água artificiais, como é o caso do reservatório do Descoberto.
- b) Área rural: agrupa loteamentos contendo agricultura irrigada e sequeira, bem como pastagens não naturais.
- c) Cerrado: engloba as classes Cerrado denso, Cerrado ralo, Cerrado rupestre e Cerrado típico, conforme classificação das formações savânicas do bioma cerrado proposta por Ribeiro e Walter (1998).
- d) Mata/Floresta: engloba todas as formações florestais presentes na área, nativas ou exóticas, tais como matas ciliares, matas de galeria e reflorestamentos.
- e) Área queimada: áreas com vegetação nativa ou exótica com ocorrência recente de fogo.
- f) Áreas urbanas/Solo exposto: áreas desprovidas de cobertura vegetal, bem como áreas com construções e edificações, tais como vilas, cidades, estradas, complexo industrial e outras obras antrópicas.

A coleta de amostras de treinamento foi realizada pela função *samples editor*. Essa ferramenta gera um arquivo tipo *shapefile* de amostras de treinamento baseada em coleta de amostras para uma classificação supervisionada tendo como base a segmentação gerada na etapa anterior, de forma que cada amostra coletada corresponda a um segmento. O arquivo *shapefile* gerado é acompanhado de uma regra de decisão, onde o usuário pode definir quais características espaciais e espectrais dos segmentos serão preponderantes para a classificação.

Dessa forma, foram coletadas trinta amostras (segmentos) para cada classe, sendo definida a regra de decisão apresentada na Figura 4.

Figura 4 – Regra de decisão para classificação da imagem



Fonte: Autoria própria (2017).

A regra de decisão apresentada na Figura 4 define que o classificador deve considerar, para cada banda (*layer*) da imagem, a média dos valores digitais dos *pixels* (*mean*) e a razão (*ratio*), que é a quantidade de contribuição de cada banda para o brilho total de um objeto na imagem (INTERIMAGE, 2014).

Para a classificação foi utilizado o operador *Top Down TA_C45_Classifier*, que é um algoritmo de classificação supervisionada que utiliza um *shapefile* de amostras de treinamento com os atributos e regras de decisão, gerado na etapa anterior, para construir a classificação (INTERIMAGE, 2014). O resultado da classificação foi exportado para o formato *shapefile*.

A avaliação da qualidade da classificação foi realizada no *software* QGIS 2.10.1, por meio de checagem por interpretação visual de todos os segmentos gerados, verificação de exatidão com auxílio da matriz de confusão e cálculo dos

coeficientes de concordância Exatidão Global, *Kappa* e *Tau*, tendo como unidade amostral o segmento.

A Exatidão Global (P_0) é calculada dividindo-se a soma dos valores da diagonal principal da Matriz de Confusão, que representa o número de segmentos classificados corretamente (n_{ii}), pelo número total de segmentos (PASSO, 2013), conforme Equação 1:

$$P_0 = \sum_{i=1}^M n_{ii} / N \quad (1)$$

Onde: M é o número de classes da Matriz de Confusão; n_{ii} é o número de segmentos classificados corretamente (elementos da diagonal principal); e N é número total de segmentos.

O Coeficiente *Kappa* (K) reflete a concordância entre os dados da classificação e a verdade de campo para escalas nominais (COHEN, 1960) e é definido pela Equação 2:

$$K = P_0 - P_c / 1 - P_c \quad (2)$$

Onde: P_0 é a Exatidão Global e P_c é a proporção de segmentos que concordam por casualidade, representada pela Equação 3:

$$P_c = \sum_{i=1}^M n_{i+} \cdot n_{+i} / N^2 \quad (3)$$

Onde: M é o número de classes da Matriz de Confusão; n_{i+} é o total de segmentos classificados de uma classe (total da coluna); n_{+i} é o total de segmentos de referência de uma classe (total da linha); e N é o número total de segmentos.

O Coeficiente *Tau* (T) é um ajuste do percentual de concordância, obtido pela Exatidão Global, em relação ao número de classes (BRITES et al, 1996). É determinado pela Equação 4:

$$T = (P_0 - 1/M) / (1 - 1/M) \quad (4)$$

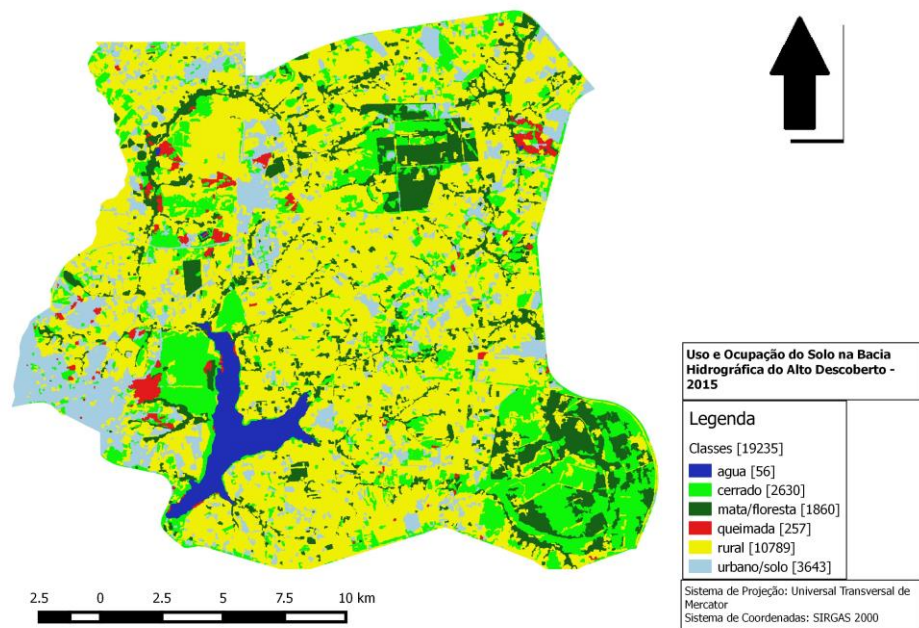
Onde: P_0 é a Exatidão Global e M é número de classes da Matriz de Confusão.

A verdade de campo para compor a matriz de confusão foi obtida por meio da interpretação visual da imagem fusionada na composição colorida R3G2B1 (cor natural).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A segmentação realizada na imagem gerou 19.235 segmentos. Desses, 56 foram classificados como Água; 257 foram classificados como Área queimada; 1.860 foram classificados como Mata/Floresta; 2.630 foram classificados como Cerrado; 3.634 foram classificados como Áreas Urbanas/Solo; e 10.789 foram classificados como Área rural. O resultado da classificação é apresentado na Figura 5. A legenda informa o número de segmentos classificados para cada classe.

Figura 5 – Resultado da classificação obtida para área de estudo



Fonte: Autoria própria (2017).

Visualmente nota-se alta coerência entre o mapa gerado e o resultado esperado. O mapa temático resultante da classificação apresentou algumas misturas causadas pela classificação de alguns segmentos isolados. Com base nessa análise e nas informações constantes na matriz de confusão, observa-se que os maiores erros de comissão na classificação ocorreram entre as classes **Rural** e **Cerrado** e **Rural** e **Urbano/solo**, sendo o maior erro de comissão verificado na classe **Rural**.

Esse fato pode ser explicado pela grande heterogeneidade agrônômica da bacia, havendo diversos tipos de culturas (morango, hortaliças, flores, grãos, entre outros) que apresentam respostas espectrais diferentes umas das outras e possuem ciclos de colheita diferentes. Dessa forma, há grande variação na quantidade de material vegetal cobrindo as áreas agrícolas bem como nos diversos estágios vegetativos das culturas, o que faz com que por momentos essas áreas se pareçam com solo exposto e por vezes se pareçam com vegetação do cerrado, do ponto de vista espectral.

Chamou atenção a baixa quantidade erros de classificação para as classes **Água** e **Área queimada**, fato que demonstra que a segmentação foi bem sucedida. Essas duas classes são as que possuem áreas com média de valores espectrais mais baixos. Essa relação de alta acurácia para alvos com resposta espectral com baixos

valores de *pixel* também foi encontrada por Passo et al. (2013). Outra classe que apresentou alta acurácia foi a **Área Urbana/Solo** cuja média dos valores espectrais é a mais alta das classes analisadas. Esse fato indica que classes com valores extremos de *pixel* podem ser mais fáceis de classificar.

Tabela 1 – Matriz de Confusão para o resultado da classificação

		Dados de Referência						Total Coluna
		Água	Cerrado	Floresta/Mata	Rural	Urbano/Solo	Queimada	
Dados Classificados	Água	53	2	7	0	0	7	69
	Cerrado	0	2105	37	1626	71	0	3839
	Floresta/Mata	0	104	1530	334	2	0	1970
	Rural	0	120	264	8121	353	0	8858
	Urbano/Solo	0	214	4	706	3186	36	4146
	Queimada	3	85	25	2	31	214	360
	Total Linha	56	2630	1860	10789	3643	257	19235

Fonte: Autoria própria (2017).

O resultado da classificação apresentou altos valores de coeficientes de concordância. Com base na Matriz de Confusão (Tabela 1), os coeficientes de concordância Exatidão Global, *Kappa* e *Tau* atingiram os valores de 79,07%, 68,45% e 74,88%, respectivamente. Esse resultado indica uma classificação considerada como “Muito Boa”, segundo tabela de qualidade (Tabela 2) proposta por Landis e Koch (1977) para avaliação de um mapa temático com base no coeficiente *Kappa*.

Tabela 2 – Qualidade da classificação associada ao índice *Kappa*

Coefficiente <i>Kappa</i>	Desempenho
< 0	Péssimo
$0 < K \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Bom
$0,6 < K \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < K \leq 1$	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977).

Comparando-se o resultado deste mapeamento com outros trabalhos recentemente realizados que utilizaram técnicas análogas, observa-se que o resultado obtido pela classificação é satisfatório.

Almeida Júnior et al. (2014), ao realizarem mapeamento de uso do solo em área na Bacia do Paraguai no Mato Grosso por meio de técnicas de OBIA com base em imagem do satélite Landsat-8, utilizaram apenas três classes (vegetação natural, cana, outros usos) obtiveram valor do índice *Kappa* de 62,06%. Ressalta-se que essa classificação dividiu a área em apenas três classes de fácil distinção e mesmo assim apresentou coeficiente *Kappa* inferior ao presente trabalho.

Passo et al. (2013) ao realizarem classificação de uso do solo de um condomínio residencial em Brasília/DF, por meio de técnicas de OBIA com base em imagens do Satélite WorldView II, que possuem alta resolução espacial, utilizaram

dezessete classes e obtiveram elevados valores de exatidão global, *Kappa* e *Tau*, respectivamente 87,5%, 86% e 86,3%.

Para a bacia hidrográfica do Alto Descoberto existem dois recentes trabalhos de mapeamento de uso do solo que corroboram para o resultado da classificação aqui apresentada.

Nunes e Roig (2015) realizaram mapeamento de uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Descoberto por meio de classificação automática baseada em regras de lógica nebulosa, que também é baseada em OBIA, com uso de imagens do sensor Thematic Mapper (TM), a bordo do satélite Landsat-5. Foram extraídas sete classes e os autores também relatam confusão temática entre áreas rurais e vegetação nativa, entretanto consideram que as confusões verificadas não interferem significativamente no resultado do trabalho, tendo obtido índice *Kappa* de 64%.

Esse trabalho também apresentou percentuais de área da bacia hidrográfica para cada classe. É possível observar que resultados obtidos no presente trabalho são semelhantes aos encontrados por aqueles autores para classes análogas, em especial para as classes **mata/floresta**, **rural** e **urbano/solo**.

Ferrigo (2014) ao realizar análise de parâmetros do modelo SWAT para a bacia hidrográfica do Alto Descoberto, elaborou um mapa de uso do solo por meio de mapeamento cadastral na escala 1:3.000 com base em uma ortofoto com 24cm de resolução espacial. Em comparação com esse mapeamento, que é sensivelmente mais preciso, também foram observados resultados semelhantes para classes análogas, em especial para as classes **água**, **cerrado**, **mata/floresta** e **urbano/solo**.

Comparando-se e unindo-se as diferentes classes apresentadas por Nunes e Roig (2015) e por Ferrigo (2014) para se fazer um paralelo desses com o presente trabalho, é possível afirmar que esses autores encontrariam aproximadamente os percentuais de área para cada classe apresentados na Tabela 3, se tivessem utilizado as mesmas classes que este estudo. Ressalta-se que nenhum dos dois trabalhos teve como classe **área queimada**, não sendo possível a comparação com essa classe.

É importante destacar que os valores de percentuais apresentados na Tabela 3 para Nunes e Roig (2015) e Ferrigo (2014) são uma aproximação para comparar analogamente as diferentes classes produzidas por esses com as classes do presente trabalho, sendo as informações de única responsabilidade do Autor deste.

Tabela 2 – Qualidade da classificação associada ao índice *Kappa*

Classe	Nunes e Roig (2015)	Ferrigo (2014)	Presente Trabalho
Água	2,5%	1,6%	1,62%
Cerrado	15%	25%	22,87%
Mata/Floresta	13%	14,6%	11,32%
Rural	54%	39,26%	49,67%
Urbano/Solo	12%	16,97%	13,4%

Fonte: Nunes e Roig (2015); Ferrigo (2014) e Autoria própria (2017).

De maneira geral, os resultados são bastante coerentes entre si, considerando-se os diferentes coeficientes de concordância dos três trabalhos e pequenas diferenças nas dimensões das áreas de estudo.

A discrepância nos percentuais apresentados para as classes **Cerrado** e **Rural**, verificada na Tabela 3, reforça a dificuldade de se extrair corretamente essas classes, dada sua heterogeneidade e relativa semelhança em suas características espectrais, fato já verificado por outros autores.

CONCLUSÃO

Considerando a baixa resolução espacial das imagens do satélite Landsat-8, a grande heterogeneidade de usos do solo verificada na bacia hidrográfica do Alto Descoberto, os valores dos coeficientes de concordância encontrados, e a similaridade com resultados de mapeamentos recentes na mesma área, considera-se que o resultado da classificação realizada foi satisfatório.

Observa-se que, assim como nos métodos tradicionais de classificação realizada *pixel a pixel*, quanto maior o número de classes que se deseja separar, maior é a probabilidade de ocorrência de erros de comissão e omissão no resultado da classificação. Os alvos com valores extremos de *pixel* demonstram ser mais fácil de se classificar do que os intermediários. A classificação por OBIA apresenta-se mais precisa.

Ressalta-se que o êxito de mapeamentos com uso exclusivo de *softwares* livres é bastante relevante quanto à eficiência e economicidade desses mapeamentos, sendo alternativa viável para projetos e trabalhos com orçamentos limitados.

Land use mapping of the Alto Descoberto basin, Distrito Federal, through object based image analysis based on Landsat 8 satellite image and open source software

ABSTRACT

The Alto Descoberto basin, the main source of water and responsible for 60% of agricultural supply in Distrito Federal, has undergone intense changes in land use in recent years, making necessary its monitoring. In the context of satellite image classification, the object based image analysis (OBIA) has gained importance. The techniques used by OBIA have a new approach by promoting a classification based on identifiable objects in the image, rather than single pixels. In this context, this paper presents a land use and cover map of the Alto Descoberto basin obtained through OBIA techniques based on a Landsat – 8 image and exclusive use of open source software. The following steps were performed: preprocessing, segmentation, classification by training samples and decision rules, and quality assessment. The classification result was satisfactory, with Kappa and Tau 68.45% and 74.88 %, respectively.

KEYWORDS: Object Based Image Analysis. OBIA. Open Source. Land Use.

AGRADECIMENTO

Agradecimentos ao apoio institucional do Programa de Pós-Graduação do Instituto de Geociências da Universidade de Brasília, bem como ao Laboratório de Visão Computacional do Departamento de Engenharia Elétrica da PUC-Rio em parceria com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, pelo desenvolvimento e suporte do *software InterImage*.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JUNIOR, E. S.; NASCIMENTO, D. L.; GALVANIN, E. A. S.; NEVES, S. M. A. S.; JESUS, P. H. H.; GOUVEIA, R. G. L. Comparação dos métodos de classificação supervisionada e orientada a objeto em imagens Landsat 8 na Bacia hidrográfica Paraguai/Jauquara Mato Grosso. In: **5 Simpósio de Geotecnologias no Pantanal**, 2014, Campo Grande. 5 Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 2014.

BAATZ, M.; SCHÄPE, A. Multiresolution segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In: XII Angewandte Geographische Informationsverarbeitung, AGIT Symposium. **Proceedings...** Karlsruhe, Alemanha: Herbert Wichmann Verlag, Salzburg - Áustria, p. 12-23, 2000.

BRITES, R. S., SOARES, P. S., RIBEIRO, C. A. A. S. Comparação de Desempenho Entre Três índices de Exatidão Aplicados a Classificações de Imagens Orbitais. **Anais VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, Brasil, 14-19, abril 1996, INPE, p. 813-821.

COHEN, J. A. **Coefficient of Agreement for Nominal Scales. Educational and Psychological Measurement**. Vol. XX. n. ° 1, 1960.

DISTRITO FEDERAL. Conheça Brazlândia RA-IV. Administração Regional de Brazlândia. Disponível em: <http://www.brazlandia.df.gov.br/sobre-a-ra-iv/conheca-brazlandia-ra-iv.html>. Acesso em: 18/9/2015.

FERRIGO, S. **Análise de consistência dos parâmetros do modelo SWAT obtidos por calibração automática – Estudo de caso da bacia do lago Descoberto – DF**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos, Publicação PTARH.DM-159/14, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 164 p.

INTERIMAGE. InterImage 1.41 User Guide. 2014. [S.L.]: InterImage. Disponível em: <http://www.lvc.ele.puc-rio.br/projects/interimage/documentation/files/InterImage%201.41%20-%20User%20Guide.pdf/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2015.

I, J. R., KOCH, G. G. The Measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

MENESES, P.R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de Sensoriamento Remoto**. 1. ed. Brasília: Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, 2012. v. 1. 266p.

NUNES, J. F., ROIG, H. L. Análise e mapeamento do uso e ocupação do solo na bacia do Alto Descoberto, DF/GO, por meio de classificação automática baseada em regras de lógica nebulosa. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.39, n.1, p.25-36, 2015.

PASSO, D. **Identificação de Alvos Urbanos em Imagens de Alta Resolução Espacial – Uma Aplicação com as Imagens do Satélite WORLDVIEW II**. Dissertação de Mestrado. IG/UnB. 2013. 122p.

PASSO, D. P., BIAS, E. S., BRITES, R. S., COSTA, G. A. O. P. Uso do Sistema *InterImage* para Identificação de Alvos Urbanos em Imagens do Satélite WorldView II. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n.º 65/6, p. 1211-1221, Nov/Dez/2013.

REATTO, et. al. **Relação entre as classes de solo e as principais fitofisionomias do alto curso do rio Descoberto, Distrito Federal e Goiás**. Planaltina/DF : Embrapa Cerrados, 2003. 28p. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Cerrados, ISSN 1676-918X; 111.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. **Fitofisionomias do bioma Cerrado**. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (Ed.). *Cerrado: ambiente e flora*. Brasília, DF: Embrapa Cerrados, 1998. p.87-166.

Recebido: 05 set. 2016

Aprovado: 24 fev. 2017

DOI: 10.3895/rbgeo.v5n2.5417

Como citar: CHELOTTI, G. B. Mapeamento de uso do solo da bacia hidrográfica do Alto Descoberto, no Distrito Federal, por meio de classificação orientada a objetos com base em imagem do satélite Landsat 8 e softwares livres. **R. bras. Geom.**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 172-185, abr/jun. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfr.edu.br/rbgeo>>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Giancarlo Brugnara Chelotti

Quadra SEPN 511 Bloco C, Asa Norte, CEP 70750-543, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

