

Avaliação das informações espectrais dos dados *WorldView 2/Digital Globe* para classificação temática de uso e cobertura do solo

Wagner Santos de Almeida¹
Newton Moreira de Souza¹

¹ Universidade de Brasília - UnB

Departamento de Engenharia Civil e Ambiental – Centro Universitário Darcy Ribeiro –
Brasília - DF

{Wagner} wagnersa_98@yahoo.com; {Newton} nmsouza@unb.br

Abstract. The present paper describes the obtained results with thematic classification methodology using WorldView2 satellite's multispectral image, with the aim of carry out an evaluation of spectral accuracy to identify and to classify the main themes present in the use and in the coverage soil. The materials used in this research were 8-band WV2 of Brasilia city, 25th September 2010 and cartographic base in the scale of 1/2000 and SPRING 5.1 software. The image processing methodology was carried out in the followings steps using in SPRING's algorithms: contrast enhancement to the maximum and the minimum; band ratio to obtain vegetation index using blue, green, red and two infra-red channels ; main components analysis; segmentation techniques and Isoseg unsupervised classification. After obtaining thematic images, the themes class were grouped in five main classes, like trees, grass, buildings etc. and it was made a comparison with cartographic digital base of Brasilia city in 1/2000 scale using visual comparison among thematic classes and the several color composition with spectral bands of the \WorldView2. It was observed that the thematic classification obtained from WorldView 2 image has shown a high level of correlation with the same cartographic themes represented in the cartographic base, which confirms the high quality of WV2 multispectral data images.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, classificação temática, uso e cobertura do solo.

1. Introdução:

O satélite WorldView 2 (WV-2), lançado em 08/10/2009, possui um sensor multiespectral que obtém imagens com resolução espacial de 0,5 metro no modo pancromático e 2,0 metros no modo multiespectral, em oito canais, cujas bandas são assim denominadas pela empresa *Digital Globe*, controladora do satélite WV-2: canal pancromático: 450 - 800 nm; canal azul costeiro: 400 - 450 nm; canal azul: 450 - 510 nm; canal verde: 510 - 580 nm; canal amarelo: 585 - 625 nm; canal vermelho: 630 - 690 nm; canal borda do vermelho (*red edge*): 705 - 745 nm; canal infra-vermelho próximo 1 (IR-1): 770 - 895 nm; e canal infra-vermelho próximo 2: 860 - 1040 nm, com resolução radiométrica de 11 bits/pixel. Segundo DIGITAL GLOBE (2009), a adição de mais quatro bandas espectrais na região espectral do visível e do vermelho próximo, juntamente com a resolução espacial de 2 metros, aumentou em cerca de 30% a capacidade de realizar classificações temáticas. Com cobertura sinótica, com maior distinção das espécies de vegetação.

Com relação às quatro bandas espectrais adicionais em relação ao satélite *Quick-Bird* a banda “azul costeiro” capta informações radiométricas da clorofila absorvida pela vegetação saudável; a banda do verde é mais estreita espectralmente do que a de outros sensores orbitais comerciais, com uma maior capacidade de captar o “pico” da reflectância da vegetação saudável e útil na discriminação de espécies; a banda do amarelo é útil na detecção do envelhecimento da vegetação; a banda da “borda do vermelho” é centrada na faixa de alta reflectância da vegetação, essencial para sua classificação temática; a banda IR-1 permite uma melhor separação da vegetação, operando em conjunto com a banda da “borda do vermelho”, possui uma faixa espectral mais estreita que a de outros sensores orbitais comerciais e eficaz na detecção do conteúdo de mistura das biomassas e separação de corpos d’água e de asfalto; e a banda IR-2 permite uma melhor separação da vegetação, operando em conjunto com a banda IR-1 realização separação de solo e vegetação e sofre menos influência da atmosfera e é útil no estudo de biomassas.

A análise de uso e cobertura do solo emprega entre outras metodologias de processamento de imagens digitais, a obtenção do índice de vegetação por diferença normalizada da vegetação (IVDN), a análise de componentes principais e a segmentação de imagens para, em uma classificação temática, supervisionada ou não, monitoramento do uso e da cobertura do solo. O uso do IVDN baseia-se no princípio físico espectral que a clorofila presente na vegetação faz uma absorção acentuada da radiação eletromagnética na faixa do visível e a com alta reflectância no infravermelho próximo. Com advento de satélites hiper-espectrais, com sensores operando bandas mais estreitas do espectro, observou-se que a região espectral da “borda do vermelho” (680-750 nm) possui o registro de transição de máxima e mínima reflectância da vegetação, o que possibilitaria que uma razão de bandas entre o vermelho e a “borda do vermelho” uma melhor discriminação entre a vegetação saudável e a em estado de obsolescência, realçando a diferença de resposta espectral entre espécies de árvores e vegetação rasteira presente em uma área urbana, que operando com uma resolução espacial inferior a três metros possibilita uma resposta melhor na segmentação de imagens, presentes em uma área urbana.

1.2 Objetivo:

O objetivo da pesquisa é aplicar uma metodologia de classificação temática, com vistas a avaliar a precisão espectral das imagens do WV-2, em seus novos canais espectrais, na detecção do uso e cobertura do solo da área de estudo.

1.3. Área de Estudo:

A área de estudo situa-se em um trecho do Plano Piloto de Brasília, início da Asa Norte, abrangendo uma quadrícula de uma imagem WV-2, situada entre 47° 54' 54" e 47° 52' 44" de longitude oeste e 15° 45' 22" e 15° 47' 30" de latitude sul. A Figura 1 apresenta a área de estudo imageada, em 25/09/2010, pelo sensor WV-2, após uma transformação IHS-RGB, conforme metodologia explicitada em ALMEIDA *et al* (2009), em uma composição falsa cor com as bandas IR-1, “borda do vermelho” e verde, sobre a representação vetorial de ruas e vias da base cartográfica de 1:2000.



Figura 1 – Composição falsa-cor da imagem WV-2 da área de estudo.

2. Materiais e Métodos:

Segue-se a descrição dos materiais utilizados e metodologia aplicada na pesquisa.

2.1 Materiais:

A imagem utilizada na pesquisa é a do satélite WorldView2, com oito bandas espectrais, obtida em 25/09/2010.

A base cartográfica é oriunda do Plano de ordenamento Territorial de Brasília, em formato DXF, na escala de 1/2000, sistema cartográfico GAUSS/UTM, datum horizontal SICAD/Datum Astro Chuá.

O sistema de processamento de imagens digitais é o SPRING 5.1.6, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais.

2.2 Metodologia:

A metodologia de processamento de imagens digitais de sensores remotos utilizada neste artigo utilizou os algoritmos existentes no SPRING, cujos princípios de funcionamento dos estão explicitados em Schowengerdt (1983) e em Almeida et al. (2008) e constou das seguintes etapas realizadas:

- Registro de imagens: A imagem *WorldView2* não necessitou ser registrada, devido a mesma já ser fornecida georeferenciada, no datum WGS-84, pela *Digital Globe*. Ao ser importada pelo SPRING verificou-se a exata sobreposição com a base cartográfica utilizada na pesquisa. A imagem ao ser importada pelo SPRING sofre um processo de transformação de datum, passando a ter o mesmo datum do projeto, ou seja, o Astro Chuá.

- Análise de componentes principais: normalmente as bandas individuais de uma imagem multiespectral são altamente correlacionadas, ou seja, as bandas são similares visual e numericamente. Esta correlação advém do efeito de sombras resultantes da topografia, da sobreposição das janelas espectrais entre bandas adjacentes e do próprio comportamento espectral dos objetos. A análise das bandas espectrais individuais pode ser prejudicada devido à informação redundante presente em cada uma dessas bandas. A geração de componentes principais é uma técnica de realce que reduz ou remove esta redundância espectral, ou seja, gera um novo conjunto de imagens cujas bandas individuais apresentam informações não-disponíveis em outras bandas. A primeira componente principal contém a informação de brilho associada às sombras de topografia e às grandes variações da reflectância espectral geral das bandas. Esta componente principal possui a maior parte da variância total dos dados, concentrando a informação, antes diluída, em várias dimensões. A segunda e as subsequentes componentes principais apresentam gradativamente menos contraste entre os alvos e são desprovidas de informação topográfica, devido à ausência de sombreamento. A terceira e quarta componentes principais contêm tipicamente menos estrutura da imagem e mais ruído que as duas primeiras, indicando a compressão dos dados nos primeiros canais. A última componente representa basicamente o ruído existente nos dados originais. Esta transformação é derivada da matriz de covariância entre as bandas e gera um novo conjunto de imagens onde cada valor de "pixel" é uma combinação linear dos valores originais. O número de componentes principais é igual ao número de bandas espectrais utilizadas e são ordenadas de acordo com o decréscimo da variância de nível de cinza. A primeira componente principal tem a maior variância (maior contraste) e a última, a menor variância. A imagem georeferenciada *WorldView2* foi submetida ao algoritmo de análise de componentes principais e utilizou-se as oito bandas espectrais resultantes, produzindo oito novas bandas denominadas CP-1 a CP-8, respectivamente. Essas bandas CP-1 a CP-8 foram utilizadas na geração do contexto da imagem a ser classificada.

- Índices de vegetação por diferença normalizada (IVDN): operação de razão de bandas de imagens consiste numa operação não-linear, utilizada para realçar as diferenças espectrais de um par de bandas, caracterizando determinadas feições da curva de assinatura espectral de alguns alvos, que no apreço da pesquisa é a vegetação. A operação de razão entre bandas remove efeitos de ganho provenientes de variações espaciais, quando ocorrem em bandas de

uma mesma imagem; diminui variações de radiância da imagem, provenientes de efeito de topografia, declividade e aspecto do terreno; e aumenta diferenças de radiância entre solo e vegetação. A opção $C = G * ((A-B)/(A + B)) + O$, do SPRING, quando aplicada para: A = banda infravermelho próximo e B = banda vermelho constitui o índice de vegetação de diferença normalizada (IVDN), que além de aumentar o contraste espectral entre a vegetação e o solo, tem os efeitos de iluminação, declividade da superfície e geometria de "visada" parcialmente compensados pelo IVDN. Foram produzidas três imagens IVDN, pela razão entre as bandas "borda do vermelho e vermelho", "IV-1 e vermelho" e "IV-2 e vermelho", com vistas a obter a imagem que melhor representasse o contraste entre vegetação e solo, compensado pelas influências do relevo.

- Segmentação da imagem: A segmentação é utilizada para dividir a imagem em regiões, que correspondem às classes de interesse a serem submetidas ao processo de classificação temática. Entende-se por regiões, um conjunto de "pixels" contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam um grau uniformidade pré-estabelecido. Nesse processo, a divisão em porções, consiste basicamente em um processo de crescimento de regiões, de detecção de bordas ou de detecção de bacias. Seguem as descrições, dos quais a pesquisa em pauta utilizou o de crescimento de regiões. Trata-se de uma técnica de agrupamento de dados, na qual somente as regiões adjacentes, espacialmente, podem ser agrupadas. Inicialmente, este processo de segmentação rotula cada "pixel" como uma região distinta. Calcula-se um critério de similaridade para cada par de região adjacente espacialmente. O critério de similaridade baseia-se em um teste de hipótese estatístico que testa a média entre as regiões. A seguir, divide-se a imagem em um conjunto de sub-imagens, para em seguida, o algoritmo realizar a união entre elas, segundo um limiar de agregação definido. Por exemplo, para a união de duas regiões A e B vizinhas, deve-se adotar o seguinte critério:

- A e B são similares (teste das médias); a similaridade satisfaz o limiar estabelecido;
- A e B são mutuamente próximas (dentro os vizinhos de A, B é a mais próxima, e dentro os vizinhos de B, A é a mais próxima).

Se A e B satisfazem os critérios acima, estas regiões são agregadas, caso contrário, o sistema reinicia o processo de teste de agregação. O resultado é uma imagem rotulada, com cada região apresentando um rótulo (valor de nível digital), e que deve ser classificada com classificadores temáticos de região. Pelo método de crescimento de regiões, utilizou-se, por tentativa e erro, várias opções de parâmetros de área de pixel e de similaridade, visando a separação das classes temáticas, cujo melhor resultado para ambos parâmetros foram similaridade igual a 100 e área de pixels igual a 200. A imagem segmentada contém as regiões que abrangerão os polígonos de uso e cobertura do solo, obtidos durante a sua classificação temática. As bandas originadas do processamento de análise de componentes principais, juntamente com as bandas IVDN e as bandas multiespectrais foi submetida ao processo de segmentação com a opção de crescimento de regiões, em que foram testados diversos parâmetros de área de pixel e similaridade utilizados. A imagem segmentada contém as regiões com os polígonos de uso e cobertura do solo, que foram classificados durante a sua classificação temática.

- Classificação da imagem: a partir da imagem segmentada e utilizando-se um contexto que abrangeu as bandas de componentes principais, as bandas de IVDN e as bandas multiespectrais, foi realizada com o classificador "IsoSeg", com limiar de aceitação de 99,9%. Foram geradas trinta e seis classes, que depois de analisados seus valores em uma planilha e comparadas visualmente com composições coloridas, os mesmos foram agrupados em cinco classes temáticas, a saber: a) vias; b) edificações; c) solos expostos ou com vegetação rala; d) vegetação herbácea-arbustiva; e e) vegetação arbórea.

- Transformação da imagem classificada em mapa temático: A imagem classificada resultante foi mapeada produzindo um mapa temático de uso e cobertura do solo, para o ano de 2010, na

escala de 1/2.000, que depois foi comparado visualmente com as classes de uso e cobertura do solo, representadas na base cartográfica. Foi feita uma comparação visual acurada, classe por classe com as composições coloridas com todas as bandas espectrais do *WorldView2* no Spring, para verificação da exatidão das classes obtidas com a metodologia proposta e a representada na base cartográfica.

3. Resultados e Discussão:

São apresentados a seguir os resultados obtidos com a metodologia aplicada.

3.1 Imagens obtidas com a análise de componentes principais:

A Figura 2 apresenta as três primeiras componentes principais obtidas com a metodologia proposta, que trazem maior quantidade de informações nos alto-vetores, que foram utilizadas no processo de classificação temática. Observa-se na Figura 2 que a primeira e segunda componentes são as que concentram maiores informações de radiância presentes nas oito bandas espectrais da imagem WV-2.

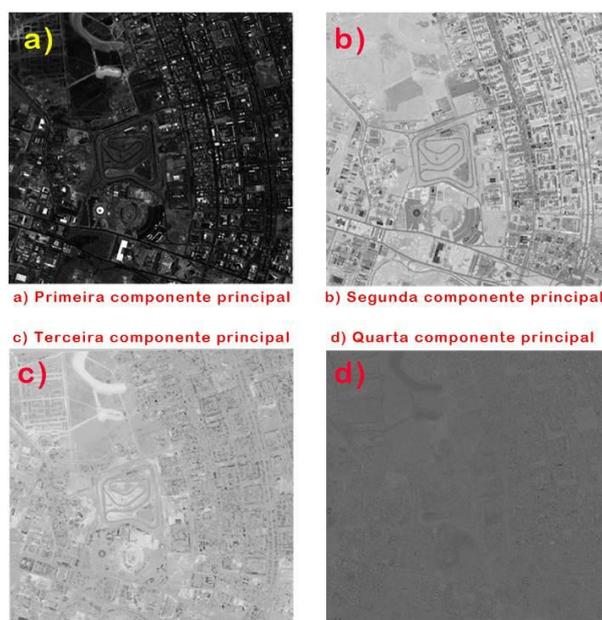


Figura 2 – Quatro primeiras bandas obtidas com a análise de componentes principais.

3.2 Imagens dos índices de vegetação por diferença normalizada (IVDN):

A Figura 3 apresenta as três imagens IVDN, produzidas utilizando a opção do SPRING (relação citada no item 2.2) com os canais espectrais das imagens 6 (“borda do vermelho”) e 5 (“vermelho”); 7 (“IV-1”) e 5; 8 (“IV-2”) e 5, respectivamente.

As imagens IVDN65 obtidas por meio das bandas da “borda do vermelho” e “vermelho” (bandas 6,5), a IVDN75, resultante das bandas espectrais “IR1” e “vermelho” (bandas 7 e 5) e IVDN85 obtidas com as bandas “IR2” e “vermelho” (bandas 8 e 5), para a área urbana de Brasília, apresentaram respostas distintas para separação vegetação e solo. Todas imagens IVDN fazem uma boa separação, mas a melhor separação ficou com a IVDN65, resultante “borda vermelha” e “vermelho” (bandas 6 e 5); todavia, a IVDN75 resultante “IR1” e “vermelho” (bandas 7 e 5) foi a que melhor resposta teve para separação entre a vegetação arbustiva, de árvores e vegetação herbácea misturada com solo exposto. Observa-se que as novas bandas do WorldView2, a da “borda do vermelho” e a “IR2”, oferecem uma opção adicional de qualidade para detecção de tipos distintos de vegetação e para separação do solo, em área urbana.

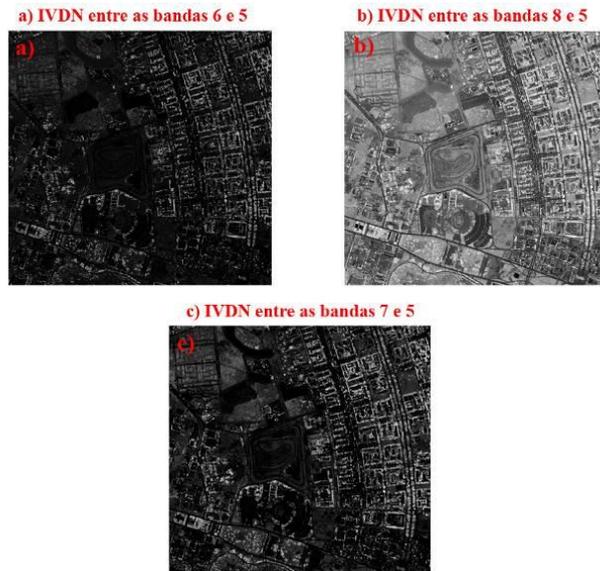


Figura 3. Imagens IVDN obtidas a partir das bandas espectrais “vermelho”, “borda do vermelho”, “IR1” e “IR2” do satélite WorldView 2.

3.3 Imagens segmentadas:

A Figura 4 apresenta ampliações de partes das quatro imagens, do tipo rotulada, obtidas pelo processo de segmentação, representadas sobre uma composição falsa-cor das bandas 7 (canal R - *Red*), 6 (canal G - *Green*) e 5 (canal B - *Blue*). As imagens rotuladas foram obtidas a partir de todas as bandas espectrais, das três primeiras de componentes principais e todas as imagens IVDN.

Na parte a), superior esquerda, utilizou-se os valores de 50 para área do pixel e 50 para similaridade, resultando em 1.105.985 número de pontos pertencentes a segmentos, 93.755 número de segmentos e 32.163 regiões. Na parte b), superior direita, utilizou-se os valores de 100 para área do pixel e 100 para similaridade, 1.107.171 número de pontos pertencentes a segmentos, 93.439 número de segmentos e 32.056 regiões. Na parte c), inferior esquerda, utilizou-se os valores de 50 para área do pixel e 100 para similaridade, resultando em 836.725 número de pontos pertencentes a segmentos, 41.665 número de segmentos e 14.302 regiões. Na parte d), inferior direita, utilizou-se os valores de 100 para área do pixel e 400 para similaridade, resultando em 462.672 número de pontos pertencentes a segmentos, 8.835 número de segmentos e 3.035 regiões.

Observa-se pelos valores de número de pontos, números de segmentos e de regiões que os valores de área de pixel e similaridade das imagens das partes a) e b) que não houve diferença significativa entre elas. A imagem segmentada da parte c) apresentou melhor compromisso entre tamanho de região e sua capacidade de detectar alvos de vegetação como tipo árvores e feições urbanas, sendo essa imagem segmentada a que foi usada no processo de classificação.



Figura 4 – Ampliações das imagens segmentadas (área de pixels e similaridade).

3.4 Classificação temática:

A criação dos contextos para a classificação não-supervisionada empregou três imagens rotuladas, com área de pixel de 50 e 100, e similaridade de 100 e 400 (Figura 4 partes b), c) e d)), respectivamente. O primeiro contexto, denominado de CONT1, usou a rotulada de 50x50, com as duas primeiras imagens CP-1 e CP-2 oriunda da análise de componentes principais, acrescidas das bandas espectrais de 3 a 8 do sensor WV-2 e das imagens IVND85 e IVDN65. O segundo contexto, denominado de CONT2, usou a rotulada de 100x50, com as três primeiras imagens CP-1, CP-2 e CP-3 oriunda da análise de componentes principais, acrescidas das bandas espectrais de 2, 6 e 8 do sensor WV-2 e da imagem IVDN65. O terceiro contexto, denominado de CONT3, usou a rotulada de 50x100, com as três primeiras imagens CP-1, CP-2 e CP-3 oriunda da análise de componentes principais, acrescidas das bandas espectrais de 2, 6 e 8 do sensor WV-2 e da imagem IVDN65. O quarto contexto, denominado de CONT4, usou a rotulada de 50x100, com as três primeiras imagens CP-1, CP-2 e CP-3 oriunda da análise de componentes principais, acrescidas das bandas espectrais de 2, 6 e 8 do sensor WV-2.

Utilizando cada um dos contextos citados foi executada uma classificação temática não-supervisionada, por meio do algoritmo Isoseg, com limiar de aceitação de 99,9%, foram produzidas quatro imagens temáticas, cujas ampliações constam da Figura 5, assim representadas: a) CONT1, com 36 classes temáticas; b) CONT1, com 18 classes temáticas; c) CONT3, com 55 classes temáticas; e, d) CONT4, com 55 classes temáticas.

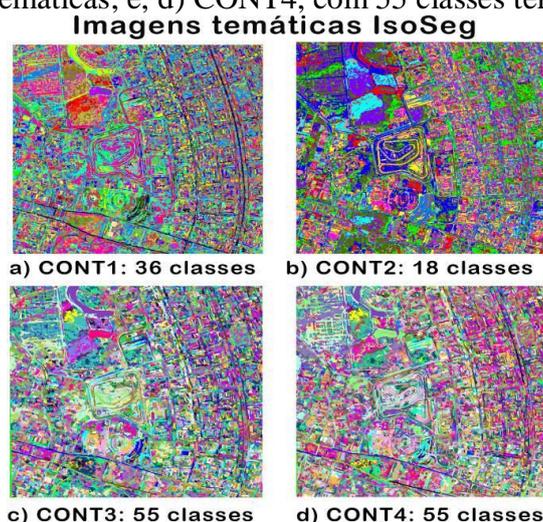


Figura 5 – Imagens classificadas obtidas com IsoSeg em quatro contextos.

Por meio da análise em cada arquivo de contexto em formato de planilha eletrônica, foi observado que as classes de todas as imagens temáticas poderiam ser re-agrupadas em cinco classes temáticas, em função da área representativa e da frequência de cada classe, a saber: a) vias; b) edificações; c) solos expostos ou com vegetação rala; d) vegetação herbácea arbustiva; e, e) vegetação arbórea. Observou-se por comparação visual de cada classe reagrupada com a base cartográfica que a imagem CONT1 foi a que apresentou maior similaridade visual. Após o reagrupamento dessas classes temáticas, a imagem CONT1 foi submetida ao processo de reclassificação para produção de um mapa de uso e cobertura do solo urbano.

3.5 Imagem reclassificada:

A Figura 6 apresenta o mapa temático do uso de solo urbano da área de estudo, resultante do processo da conversão de formato raster (matricial) em vetor da imagem reclassificada. Utilizando a função Tabulação Cruzada do SPRING foi feito o cruzamento de classes

temáticas entre o mapa temático de uso e cobertura do solo resultante do processamento da imagem *WorldView2* e a base cartográfica na escala de 1/2000, cuja Tabela 1 apresenta os resultados obtidos.

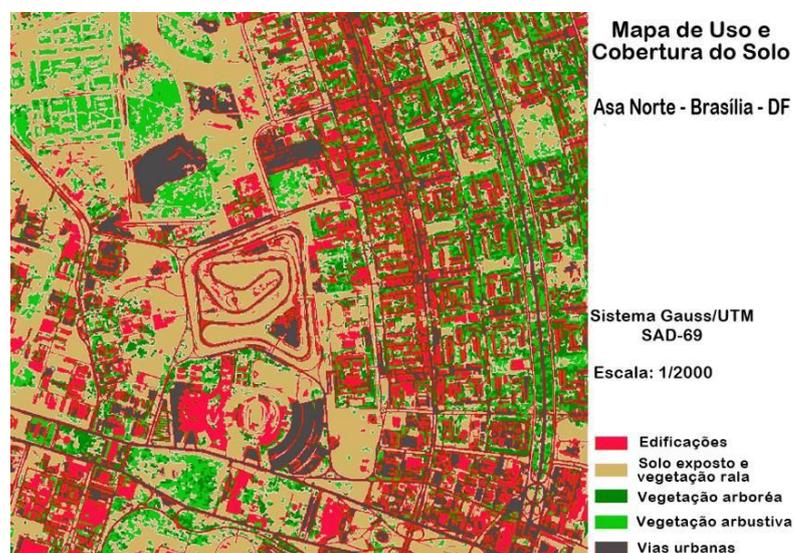


Figura 6 - Mapa de uso e cobertura do solo da área de estudo

3. Conclusões:

Os valores obtidos pela comparação visual rigorosa entre as classes do mapa de uso e cobertura do solo com as diversas composições coloridas feitas com as bandas espectrais atestam um alto grau de correlação. Tal fato indica que os novos canais espectrais constantes da imagem *WorldView2* possibilitaram uma classificação temática precisa, no que tange a área urbana, com identificação e classificação das classes temáticas compatíveis com a precisão de uma base cartográfica representada em uma escala de alto detalhamento, como a de 1/2000.

Agradecimentos:

Os autores agradecem à Empresa Digital Globe pela cessão da imagem *WorldView2* e ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais pela disponibilização gratuita do sistema SPRING.

Referências Bibliográficas:

Almeida, W.S.; Camapum de Carvalho, J.; Souza, N.M. **Diagnóstico da vulnerabilidade ambiental a processos erosivos no entorno do reservatório da UHE Corumbá IV**. Brasília: Universidade de Brasília, 2008, 185 p. (G.PQ.GEOP – 02/2008).

DIGITALGLOBE Constellation. **WorldView-2 Feature Classification**. Disponível em: <<http://www.digitalglobe.com>>. Acesso em: 24.out.2010.

CAMARA, G.; SOUZA, R.C.M.; FREITAS, U.M.; GARRIDO, J. "SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. **Computers & Graphics**. 20: (3) 395-403. May-Jun 1996.

SCHOWENGERDT, R.A. **Techniques for image processing and classification in Remote Sensing**. Orlando, US: Academic Press, 1983. 248 p.