

Mapeamento do uso da terra nos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha (MG) usando dados de sensoriamento remoto

Samuel Ferreira da Fonseca

Da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Minas Gerais - Brasil.
fonsekageo@gmail.com

Vívia Mendes Hermano

Da Universidade Estadual de Montes Claros - UNIMONTES - Minas Gerais - Brasil.
hermanovivian@gmail.com

Alexandre Christóvão Silva

Da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - Minas Gerais - Brasil.
alexandre.christo@ufvjm.edu.br

Resumo: O avanço constante das geotecnologias possibilita análise espacial cada vez mais precisa. Aplicativos como Google maps e Google earth™ democratizam o acesso ao conteúdo cartográfico, possibilita viagens virtuais a campo e subsidia a elaboração e correção de mapas temáticos quando necessário. O objetivo deste trabalho é apresentar o mapeamento do uso e cobertura do solo nos municípios de Janaúba/MG e Nova Porteirinha/MG, apropriando-se de dados de sensoriamento remoto orbital. Foi realizada pesquisa bibliográfica, fotointerpretação em tela do computador e elaboração de mapa temático. Aquisição de imagem Landsat 8, captada pelo sensor (OLI) a qual foi submetida a classificação supervisionada por meio do algoritmo MAXVER. Posteriormente foi gerada a Matriz de confusão e calculado Coeficiente Kappa, Exatidão Global além de outros parâmetros estatísticos inerentes à confiabilidade da classificação. Em Nova Porteirinha/MG 44,50% do seu território (65,39 Km²) encontra-se ocupado com plantios de bananas. Janaúba/MG apresenta 32,58% (703,92 Km²) de seu território com vegetação nativa e 4,31 % (93,20 Km²) ocupado com plantios de bananas. Esses valores foram encontrados por meio da classificação automática, a qual apresentou Coeficiente Kappa e Exatidão Global de 0,995 e 99,71% respectivamente. Valores elevados como estes indicam alta confiabilidade da classificação elaborada.

Palavras-chave: Sensoriamento remoto. Geoprocessamento. Mapeamento temático. Janaúba. Porteirinha. Minas Gerais.

Introdução

O universo das geotecnologias passou por um desenvolvimento expressivo nas últimas décadas (ROSA, 2005). Avançou em várias direções e abrangeu uma massa significativa de indivíduos nos mais diversos lugares do mundo. Aplicativos popularizados, tais como o Google maps e Google earth™, possibilitam o acesso imediato do indivíduo a áreas remotas, bastando estar conectado à rede mundial de computadores (MASCARENHAS et al. 2009).

As geotecnologias compreendem os Sistemas de Informações Geo-referenciadas (SIG), técnicas de geoprocessamento, sistema de localização por satélite (GPS) e Sensoriamento Remoto. (FONSECA et al. 2013a). Abrange estudos de variadas temáticas, desde o cadastro territorial multifinalitário aos estudos de arborização urbana, as tecnologias de geoprocessamento, inseridas no contexto das geotecnologias tem seu lugar (FONSECA et al. 2014). Neste trabalho apropria-se de vários dos elementos das geotecnologias (Sensoriamento remoto, geoprocessamento, SIG) visando identificar formas de uso e cobertura do solo em Janaúba/MG e Nova Porteirinha/MG.

Algumas transformações socioeconômicas podem ser notadas na maioria dos municípios norte-mineiros nas últimas décadas. Mudanças capazes de dinamizar a economia do Norte de Minas são destacadas, dentre estas cabe mencionar a implantação dos projetos de Irrigação Jaíba e Gorotuba (COSTA REIS et al. 2012). Os municípios foco deste trabalho estão incluídos na mesorregião Norte de Minas Gerais. Compartilham características ambientais e sociais com os demais entes federativos norte-mineiros (FONSECA et al. 2013b). Integram uma mesorregião que é historicamente conhecida como região dos currais ou das terras devolutas, marcando fortemente a diferença que existia entre as minas e os gerais (SANTOS et al. 2015a).

Trabalhos correlatos foram realizados com enfoque no uso de geotecnologias para maior entendimento da dinâmica espacial nos municípios de Janaúba/MG e Nova Porteirinha/MG. Nery et al. (2013) compararam valores de Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) gerados pelos sensores LIS III (A bordo do satélite Resourcesat 1) e TM (A bordo do satélite Landsat 5) no território de Janaúba.

Fernandes et al. (2014) realizaram classificação automática de imagens Landsat 5 TM, da área desapropriada da barragem Bico da Pedra com enfoque espacial e temporal. Esses autores delimitaram o período entre 2006 e 2011 e concluíram que houve redução das áreas de vegetação natural e avanço da antropização naquele período. Leite et al. (2015) mapearam as formas de uso e ocupação do solo no entorno da barragem Bico da Pedra. Estes autores usaram método de classificação automática de imagem Landsat 8 empreendendo representar em mapa temático o avanço de construções naquela área. Como observado, não há trabalhos cujo enfoque seja o mapeamento do uso e cobertura do solo em todo o território destes dois municípios. Desse modo a presente investigação se faz necessária.

O objetivo deste trabalho é apresentar o mapeamento do uso e cobertura do solo nos municípios de Janaúba/MG e Nova Porteirinha/MG, apropriando-se de dados de sensoriamento remoto orbital. Além disso, propõe o uso de dados disponibilizados por meio dos aplicativos Google maps e Google earth™, para aquisição de verdade de campo. O

interesse principal incide sobre a identificação das áreas de plantações de bananas nestes municípios, que são conhecidos mundialmente em decorrência desta atividade. O interesse em estudar estes municípios surgiu mediante o destaque dos mesmos em decorrência da ampla produção agrícola (devido os projetos de irrigação mencionados acima).

Material e métodos

Os municípios de Janaúba/MG e Nova Porteirinha estão inseridos na mesorregião administrativa Norte de Minas (Figura 1).

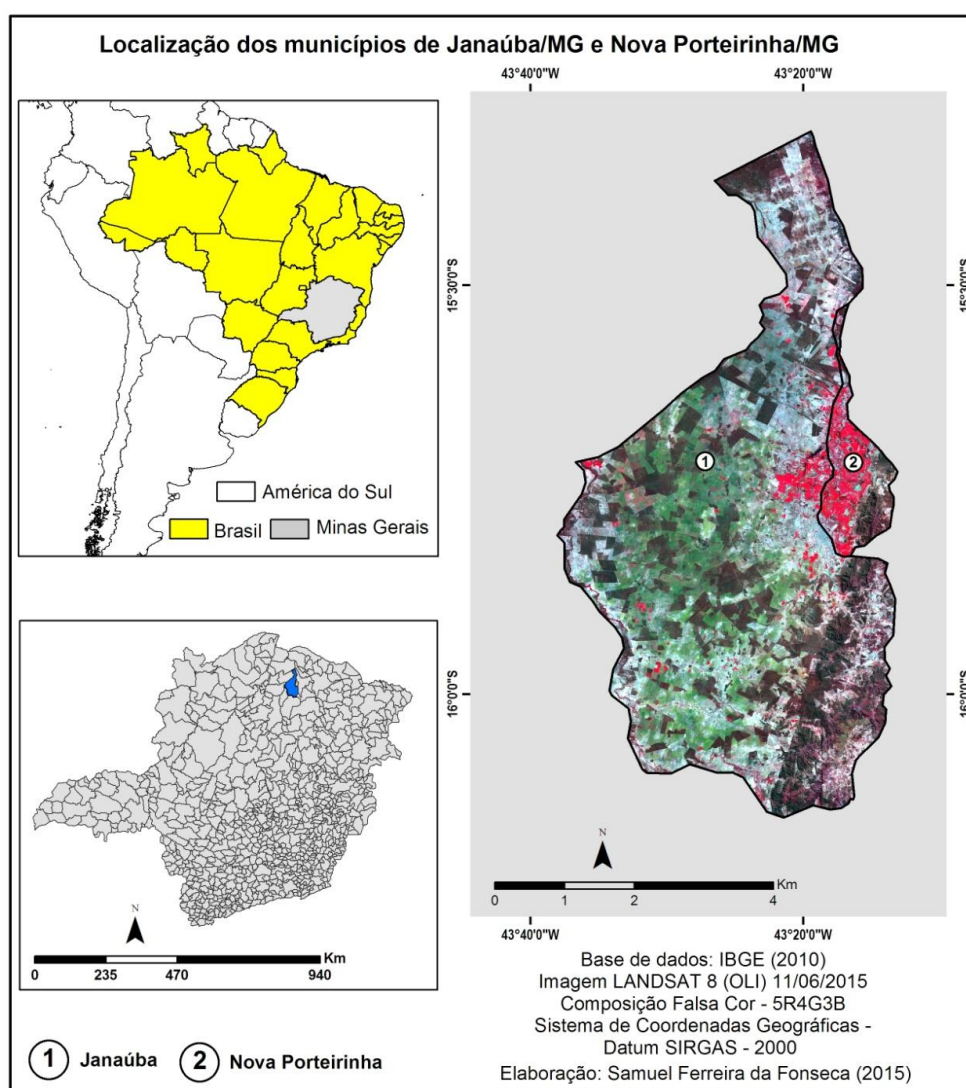
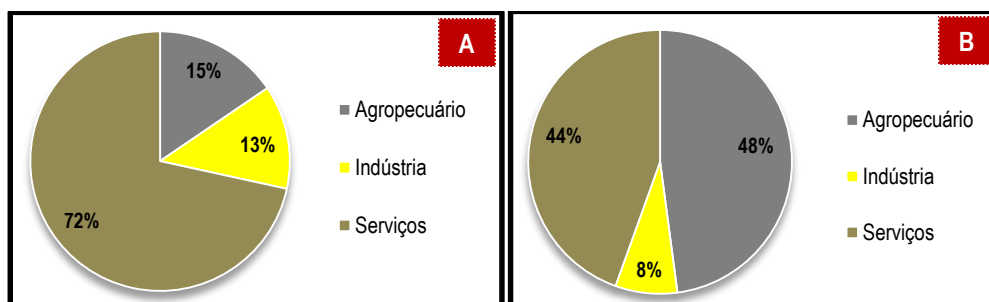


Figura 1: Localização da área de estudo
Fonte: Elaborado por Fonseca, S. F. 2015.

A população estimada de Janaúba em 2015 é 70.886 e de Nova Porteirinha/MG, 7.636. Quanto ao Produto Interno Bruto (PIB) estes entes federativos apresentam elevado

valor agregado para o setor de serviços (Janaúba) e agropecuário (Nova Porteirinha) (IBGE, 2015). Os gráficos 1 e 2 apresentam detalhes sobre o PIB destes municípios.

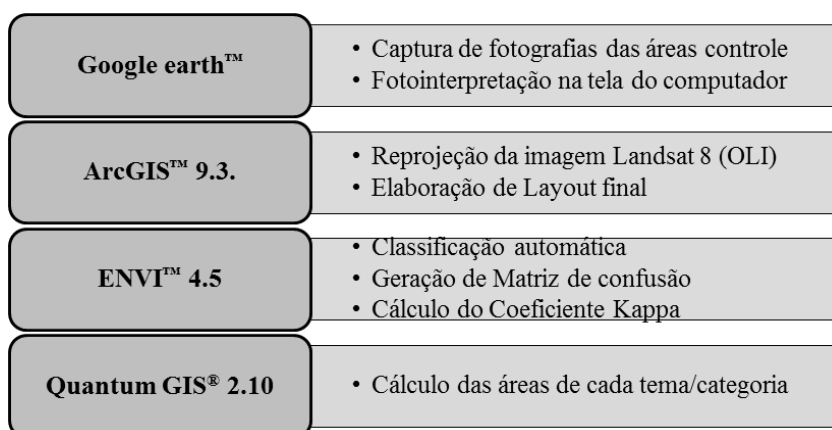


Gráficos 1 e 2: Distribuição o PIB dos municípios de Janaúba (A) e Nova Porteirinha (B) por setor.
Fonte: IBGE, 2015.

O setor de serviços se destaca em Janaúba. Talvez pela ampla funcionalidade deste ente federativo, seu comércio e a presença de centros econômicos como, por exemplo, os bancos, que viabilizam os empréstimos e exercem outras funções de relevância para as cidades próximas.

Para elaboração dos mapas foram adquiridas as bases cartográficas no sítio do Instituto Brasileiro de geografia e Estatística – IBGE. De posse destes dados foi possível realizar o recorte espacial da área de estudo. Posteriormente foram adquiridas imagens de satélite da série Landsat 8 (*Land Remote Sensing Satellite*) datadas de 11/06/2015, distribuída pelo USGS (*United States Geological Survey*).

As rotinas computacionais utilizadas neste trabalho, correspondem a pré-processamento, processamento e pós-processamento de imagem Landsat 8 e estão sintetizadas no fluxograma 1.



Fluxograma 1: Apresentação dos aplicativos e suas respectivas finalidades.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

Pré-processamento

As imagens de Refletância de Superfície, adquiridas no sítio do *USGS* já estão corrigidas quanto às interferências atmosféricas pelo método 6S, portanto sua aquisição é vantajosa. Quanto ao georreferenciamento, estas imagens são distribuídas usando o Datum WGS 23N, portanto foi suficiente o procedimento de reprojeção utilizando o aplicativo ArcGIS™9.3.

Padrões espaciais foram identificados com uso de técnicas de fotointerpretação na tela do computador, procedimento que se constitui um recurso auxiliar apropriado para análise espacial (MOREIRA et al. 2004). Neste trabalho foi realizada fotointerpretação em tela do monitor usando Google earth™. Este aplicativo foi útil no levantamento de chaves de interpretação (por meio de análise visual) e confirmação de áreas controle, que subsidiaram a classificação.

Usando o Google maps, aplicativo da mesma série do Google Earth™, foi possível aquisição de verdade de campo. Cabe ressaltar que essas imagens são as mesmas que estão expostas por intermédio do aplicativo Google earth™. (Figura 2).



Figura 2: Exemplo de usos do Google maps para aquisição de chaves de interpretação. Na figura foi utilizada a ferramenta Google street view, que possibilitou a aquisição da figura acima.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

A seguir estão expostos dois exemplos de chaves de interpretação adquiridas por meio do Google maps. O primeiro trata-se das bananeiras, o segundo da classe vegetação. (Figuras 3 e 4).



Figura 3: A e B – Vista aéreas de plantios de bananas em Janaúba e Nova Porteirinha. C – Figura adquirida por meio do Google street view, mostrando bananeiras em Janaúba/MG.

Fonte: Google maps, 2015.

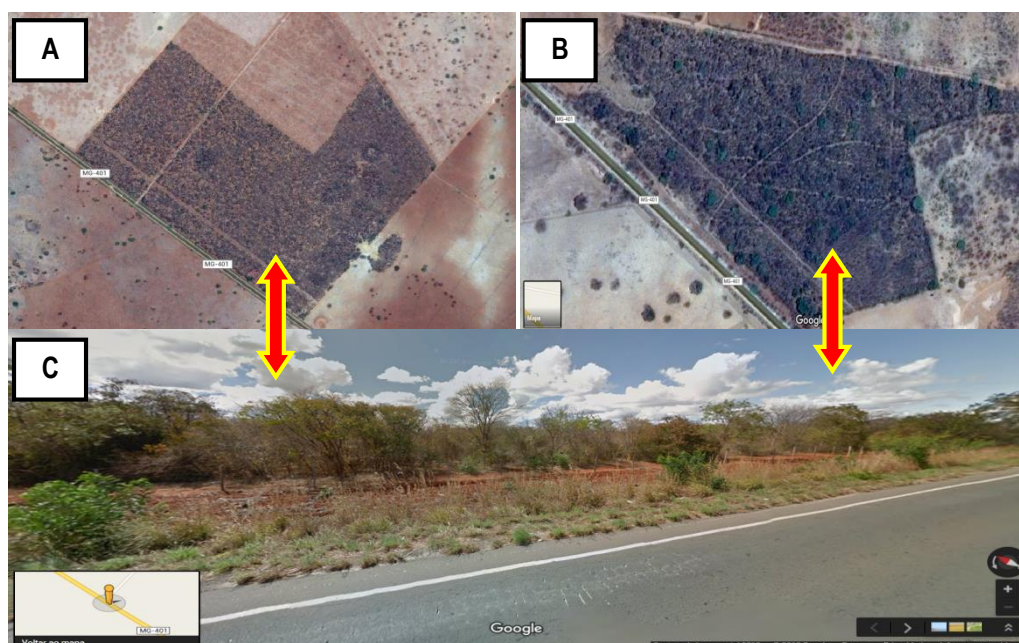


Figura 4: A e B – Vista aéreas com vegetação natural em Janaúba/MG. C – Figura adquirida por meio do Google street view, mostrando vegetação em Janaúba/MG. As imagens apresentam textura e cor diferentes das áreas compostas por bananeais.

Fonte: Google maps, 2015.

Processamento

Utilizando o ENVI™ 4.5 foi realizada classificação supervisionada utilizando o algoritmo MaxVer (Máxima verossimilhança). Este algoritmo (assim como outros classificadores) se constitui de procedimentos estatísticos cuja finalidade é aproximar ao máximo o mapa digital da realidade (MENESES & SANO, 2012). Segundo Meneses e Sano

(2012) esse classificador se sobressai mediante outros classificadores. Portanto, foi utilizado no presente trabalho com finalidade de identificar os usos e cobertura do solo em Janaúba/MG e Nova Porteirinha.

Pós-processamento

Os valores referentes às áreas de cada tema (água, bananais, pastagens e vegetação) foram calculados com auxílio do aplicativo Quantum GIS® 2.10 (versão *PISA*). No Quantum GIS® foi utilizado o algoritmo *post processing – classification report*, associado ao plugin *Semi-Automatic Classification Plugin-SCP*. A matriz de confusão foi elaborada a partir do ENVI 4.5™. O layout foi criado utilizando o software ArcGIS™ 9.3. o qual possibilitou melhor apresentação final do mapa de uso e cobertura do solo na área estudada.

As rotinas realizadas por meio do pós-processamento possibilitam a interpretação e análise da precisão dos resultados. A confiabilidade da classificação pode ser analisada por meio do Coeficiente Kappa ou Índice Kappa (K). Este índice varia de 0 a 1 sendo representado na equação 1:

Equação 1:

$$K = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}}$$

X_{ii} = concordância observada

X_{+i} e X_{i+} (produto das marginais), sendo a concordância esperada

N = total de elementos observados

A exatidão Global é outro indicador de confiabilidade da classificação automática. A exatidão Global está representada na equação 2:

Equação 2:

$$F_m = \frac{\sum X_i}{N} \times 100$$

F_m = exatidão global

X_i = elementos na diagonal

N = total de elementos amostrados

Os índices de exatidão indicam a probabilidade das categorias estudadas (água, bananais, pastagens e vegetação) classificadas na imagem Landsat 8 terem sido também verificadas em campo.

Em uma análise mais rigorosa deve-se levar em consideração os valores nas células marginais da matriz de confusão. No caso das linhas, os valores indicam o número de amostras que, pertencendo a uma determinada categoria, não foram incluídos nela (FERREIRA et al. 2007). Os Erros de Omissão são calculados pela equação 3.

Equação 3:

$$E_o = \frac{X_{i+} - X_{ii}}{X_{i+}}$$

E_o = erros de omissão

X_{i+} = marginal da linha

X_{ii} = diagonal daquela linha

De igual forma as células nas diagonais das colunas expressam o erros de comissão, isto é, pixels que não se incluem em uma determinada categoria, pertencente realmente a outra (FERREIRA et al. 2007).

Equação 4:

$$E_{co} = \frac{X_{+i} - X_{ii}}{X_{+i}}$$

E_{co} = erros de comissão

X_{+i} = marginal da coluna

X_{ii} = diagonal daquela coluna

Os *erros de omissão* e *comissão* enfocam basicamente o mesmo problema. A omissão se refere a uma definição imperfeita da categoria e a comissão se refere a uma delimitação excessiva da categoria (FERREIRA et al. 2007). Alguns autores enfocam-na como *exatidão/acurácia do usuário (consumidor)* e *exatidão/acurácia do produto*. Equações 5 e 6:

Equação 5:

$$F_u = \frac{X_{ii}}{X_{i+}} \times 100$$

F_u = Exatidão/Acurácia do usuário

Equação 6:

$$F_p = \frac{X_{ii}}{X_{+i}} \times 100$$

F_p = Exatidão/acurácia do Produtor

Além dos procedimentos já mencionados no fluxograma 1, foi utilizado o aplicativo Microsoft Office Excel® 2007, que possibilitou a elaboração das tabelas e gráficos plotados no presente trabalho.

Resultados e discussão

Foi realizado o mapeamento dos usos e cobertura do solo nos municípios de Janaúba/MG e Nova Porteirinha/MG. Foi identificado que 62,95% (1.360,21 Km²) do território de Janaúba é coberto por áreas destinadas á pastagens, enquanto a vegetação natural ocupa apenas 32,58 % (703,92 Km²) daquele município. Nova Porteirinha/MG possui 44,50 % (65,39 Km²) de seu território ocupado com áreas de cultivos de bananas.

As tabelas 1 e 2 apresentam respectivamente os resultados da classificação geral, isto é, os valores se referem a área total dos dois municípios juntos e separados por município. Nota-se que os bananais ocupam somente 6,88 % de todo o território dos dois entes federativos juntos. Isto ocorre devido a extensão territorial de Janaúba/MG.

Classes	(ha)	(Km ²)	(%)
Bananais	15884,31	158,84	6,88
Vegetação	74133,33	741,33	32,11
Pastagens	140403,10	1404,03	60,82
Água	426,73	4,27	0,18
Total	230847,47	2308,47	100,00

Tabela 1: Resultado geral da classificação

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

Área ocupada (Km ²)		
Municípios	Janaúba/MG	Nova Porteirinha/MG
Bananais	93,20	65,39
Vegetação	703,92	37,27
Pastagens	1360,21	43,28
Água	3,27	1,00
Total	2160,60	146,94

Tabela 2: Resultados da classificação separados por município.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

Janaúba/MG possui 4,31 % de seu território ocupado com Bananais. Nesse mesmo ente federativo somente 0,15 % (3,27 Km²) corresponde a classe água, 62,96 % todavia diz

respeito a áreas de pastagens. Este último resultado aponta a presença de várias fazendas em Janaúba/MG, o que condiz com a vocação agropecuária do Norte de Minas (SANTOS et al. 2015b).

Em Nova Porteirinha/MG, decorrente de sua reduzida extensão territorial, comparado à Janaúba/MG, a vegetação nativa ocupa 25,36% (37,27 Km²) do território municipal. A classe que possui maior representatividade nesse ente federativo corresponde aos bananais (44,50%) que equivale a 65,39 Km² de área ocupada neste território (Gráfico 3).

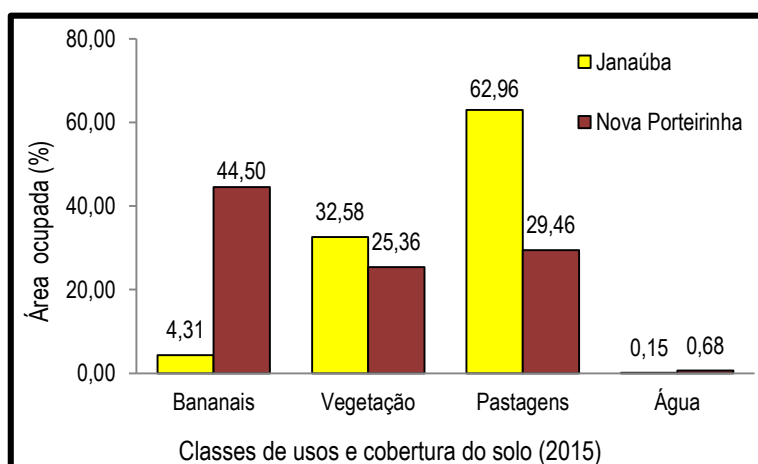


Gráfico 3: Percentual dos resultados da classificação para cada classe. Separado por município.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

O elevado percentual do PIB agropecuário em Nova Porteirinha/MG (48%) pode estar associado, principalmente aos plantios de bananas. A presença de vegetação natural, majoritariamente na porção sul dos municípios estudados pode estar relacionada a declividade do terreno nessas áreas, o que torna inviável a utilização para fins que exijam supressão vegetal (Figura 5). Portanto, categoria vegetação representa 32,58% e 25,36% do território de Janaúba/MG e Nova Porteirinha/MG respectivamente.

A partir dessa análise pode se afirmar que a principal especialidade de Nova Porteirinha/MG se remete a produção agrícola de Bananas. Dessa forma, da mesma maneira que Ceres/GO foi emancipada e estruturada sob influência estatal (CASTILHO, 2012), o município de Nova Porteirinha não ficou de fora dessa influência, entretanto neste ente federativo a iniciativa voltada para a agropecuária veio da Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste – SUDENE, que possibilitou nesta a implantação do Projeto Gorotuba.

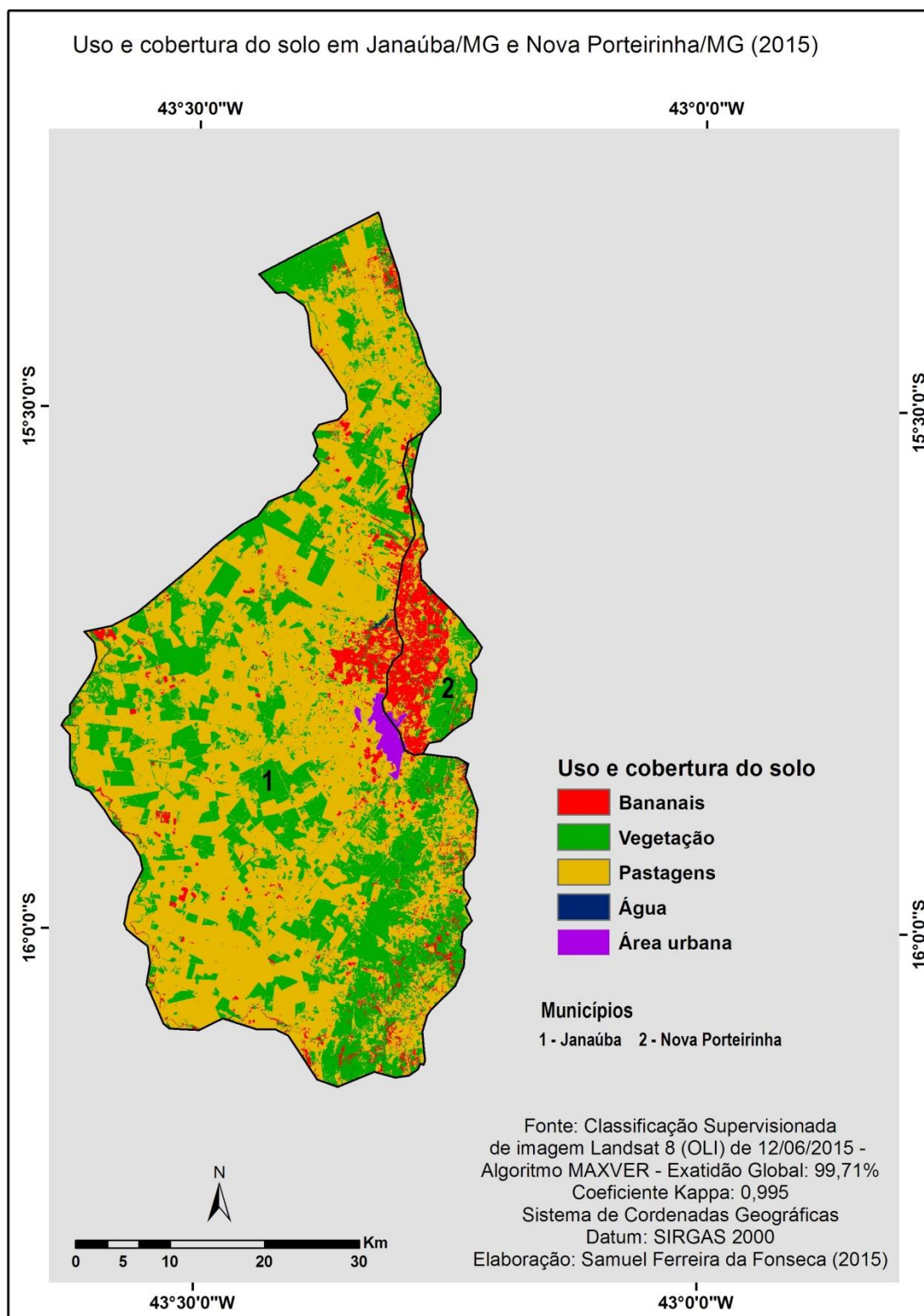


Figura 5: Classificação supervisionada de imagem Landsat8.

Fonte: Elaborado por Fonseca, S. F. 2015.

Segundo Suarez e Candeias (2012 apud Congalton, 1991) uma das técnicas mais utilizadas na realização de avaliação de acurácia da classificação de dados de sensoriamento remoto é o emprego da matriz de confusão, também conhecida como Matriz de erro. Essa

matriz pode ser usada como ponto de partida para uma série de técnicas estatísticas descritivas e analíticas.

A matriz de confusão é uma matriz quadrada de números definidos em linhas e colunas que expressam o número de unidades da amostra (pixels, grupos de pixels ou polígonos) atribuído a uma categoria particular relativo à categoria atual, conforme foi verificado em campo ou por meio de fotointerpretação na tela do computador e levantamento virtual de verdade de campo por intermédio do Google earth™ e Google maps. Geralmente, as colunas representam os dados de referência ou verdade de campo, enquanto as linhas representam a classificação gerada a partir dos dados de sensoriamento remoto (Tabela 3).

Classes	Bananais	Vegetação	Pastagens	Água	Total linha
Bananais	6316	0	0	0	6316
Vegetação	0	12930	5	4	12939
Pastagens	0	50	4693	0	4743
Água	0	10	0	152	162
Total coluna	6316	12990	4698	156	24160

Tabela 3. Matriz de confusão

Fonte: Elaborada pelos autores, 2015.

A matriz de confusão é uma maneira muito eficaz para representar a acurácia na precisão de cada categoria, tanto nos erros de inclusão (erros de comissão), quanto nos erros de exclusão (erros de omissão) presentes na classificação (FERREIRA et al. 2007). O Coeficiente Kappa da classificação realizada neste trabalho obteve valor de 0,995. Já a Exatidão Global, foi 99,71%. Este resultado é classificado como excelente, segundo o proposto na literatura (FERREIRA et al. 2007; AMARAL et al. 2009).

Outra maneira de interpretar a matriz de confusão se dá por meio da análise dos erros de comissão e omissão. Além disso, utiliza-se também do uso da acurácia do produtor e do consumidor, (Quadro 1). As respectivas fórmulas matemáticas estão descritas na metodologia.

Erros de Comissão		Erros de Omissão	
B: 0/6316 =	0%	B: 0/6316 =	0%
V: 9/12939 =	0,07%	V: 60/12990 =	0,46%
P: 50/4743 =	1,05%	P: 5/4648,1 =	0,11%
A: 10/162 =	6,17%	A: 4/156 =	2,56%
Acurácia do Produtor		Acurácia do Usuário	
B: 6316/6316 =	100%	B: 6316/6316 =	100%
V: 12930/12990 =	99,54%	V: 12930/12939 =	99,93%
P: 4693/4698 =	99,89%	P: 4693/4743 =	98,95%
A: 152/156 =	97,44%	A :152/162 =	93,83%
B - Bananais		V - Vegetação	
		P - Pastagens	
		A - Água	

Quadro 1: Resultados da análise estatística sobre a classificação.
Erros de comissão e omissão e a acurácia do produtor e do usuário.

Fonte: Elaborado pelos autores, 2015.

Como observado no quadro acima, a categoria Bananais, obteve erro de comissão e omissão igual a zero. Isso indica que o algoritmo classificador (nesse caso o MAXVER) não agrupou nenhum pixel (menor elemento de uma imagem) de forma equivocada. Classe das pastagens (P) apresentou comissão de 1,05%, indicando que 50 pixels que foram classificados como pastagens, na verdade pertencia a outra classe (confira na matriz de confusão, na tabela 3, que esses pixels deveriam ser classificados como vegetação).

Quanto a acurácia do produtor, a classe bananais apresentou melhor resultado (100%). Embora os valores deste índice variaram entre 97,44 e 100%, a Exatidão Global foi 99,71%. A acurácia do produtor indica a confiabilidade de cada classe classificada (FERREIRA et al 2007). Ou seja, caso fosse realizada uma visita a campo haveria 100% de probabilidade de ir a algum dos pontos classificados como bananais, escolhidos aleatoriamente e esse ponto ser uma área com plantios de bananas. O mesmo é verdadeiro para essa classe quanto a acurácia do usuário.

Em suma, as áreas de uma categoria identificada por meio da classificação automática, quando comparada com as áreas de controle (adquiridas por fotointerpretação no Google earth™ e Google maps) apresentam erros quase nulos. Isto torna viável o uso dessa metodologia em trabalhos correlatos.

Considerações finais

Os plantios de bananas são destacados com elevada acurácia na classificação automática realizada. Estes foram facilmente identificados em meio as outras formas de uso e cobertura do solo Janaúba/MG e Nova Porteirinha/MG. Esse resultado mostra que, as bananeiras apresentam respostas espectrais específicas e diferenciadas em relação a resposta dos demais alvos que encontram-se nesses municípios.

Notou-se que 62,96 % (1.360,21 Km²) do território de Janaúba/MG estavam ocupados com pastagens em 2015. Em Nova Porteirinha/MG essa mesma categoria representa 29,46 % (43,28 Km²). Além disso, as áreas que apresentaram maiores percentuais de vegetação nativa referem-se a porção sul dos dois municípios estudados. Consequentemente, essas são localidades em que o relevo é impróprio para que se realize supressão vegetal.

As chaves de interpretação adquiridas por meio do Google Earth™ e Google maps facilitaram os procedimentos operacionais e mostraram-se eficientes para identificação de áreas de interesse. Desse modo, esse procedimento pode ser indicado para estudos em áreas cujo acesso, para aquisição de pontos de controle/verdade de campo sejam suficientemente complexos.

A confiabilidade da classificação foi excelente, pois gerou um Coeficiente Kappa (K) de 0,995 e Exatidão Global de 99,71 %. Resultados que apontam a veracidade das áreas classificadas, quando comparadas às áreas controle que foram adquiridas por fotointerpretação por meio do monitor. Essa confiabilidade possibilita afirmar que o algoritmo MAXVER foi apropriado para o mapeamento de usos e cobertura de solos em Janaúba/MG e Nova Porteirinha/MG.

Sugere-se que investigações com maiores detalhamentos sejam realizadas seguindo a metodologia proposta neste trabalho. Isto é, uso dos aplicativos (Google earth™ e Google maps), para aquisição de pontos de controle. Além disso, é aconselhável que sejam obtidas classificações de outras regiões onde características naturais e os alvos em áreas antropizadas sejam distintos daqueles propostos neste trabalho.

Use and land cover mapping in the municipalities of Janaúba and Nova Porteirinha (MG) using remote sensing data

Abstract - The steady advance of geo spatial analysis enables increasingly precise. Applications like Google Maps and Google Earth™ democratize access to cartographic content, enables virtual field trips and subsidizes the preparation and correction of thematic maps when needed. The objective of this paper is to present the use mapping and soil cover in the municipalities of Janaúba/MG and Nova Porteirinha/MG, appropriating remote sensing data. Literature search was performed photo interpretation on the computer screen and elaboration of thematic map. Image acquisition Landsat 8, captured by the sensor (OLI)

which was subjected to supervised classification through MAXVER algorithm. Later it was generated matrix of confusion and Kappa coefficient calculated, Global Accuracy and other statistical parameters related to the reliability of the classification. Nova Porteirinha/MG 44.50% of its territory (65.39 sq km) is busy with banana plantations. Janaúba/MG has 32.58% (703.92 sq km) of territory with native vegetation and 4.31% (93.20 sq km) busy with banana plantations. These values were found through automatic classification, which presented Kappa Coefficient and Global accuracy of 0.995 and 99.71% respectively. High as they indicate high reliability of the elaborate classification.

Keywords: Remote Sensing. Geoprocessing. Thematic mapping. Janaúba. Porteirinha. Minas Gerais. Brazil

Referências

AMARAL, M. V. F.; SOUZA, A. L.; SOARES, V. P.; SOARES, C. P. B.; LEITE, H. C.; MARTINS, S. V.; FERNANDES FILHO, E. I.; LANA, J. M. 2009. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélites para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.3, p.575-582, 2009.

CASTILHO, D. 2012. A Colônia Agrícola Nacional de Goiás (CANG) e a formação de Ceres-GO. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, Goiânia. Vol. 1, n. 1. p. 117-139.

COSTA REIS, P. R.; SILVEIRA, S. F. R.; RODRIGUES, P. E. L. 2012. Impactos da Política Nacional de Irrigação sobre o desenvolvimento socioeconômico da região Norte de Minas Gerais: uma avaliação do Projeto Gorotuba. **Revista Administração Pública**, Rio de Janeiro. 46 (4):1101-130.

FERNANDES, F. H. S.; MOREIRA, A. A.; NERY, C. V. M. 2014. Dinâmica do uso e ocupação do solo da área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra no norte do Estado de Minas Gerais. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 15, p. 187-206.

FERREIRA, E.; DANTAS, A. A. A.; Moraes, A. R. Exatidão na classificação de fragmentos de matas em imagem do satélite Cbers-CCD, no município de Lavras. **IN: Anais do XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis/SC. 2007. pp. 887-894.

FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; HERMANO, V. M. 2013a. Geoprocessamento aplicado á análise dos impactos socioambientais urbanos: estudo de caso do Bairro Santo Expedito em Buritizeiro/MG. **Revista de Geografia (UFPE)**, vol. 30, n. 3, p. 178-191.

FONSECA, S. F.; MENDONÇA, G. L.; SANTOS, T. M. 2013b. Evolução das Questões ambientais em Buritizeiro, Estado de Minas Gerais, Brasil. **OKARA: Geografia em debate**, v.7, n.2, p. 277-291.

FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; TRINDADE, W. M. 2014. Técnicas de geoprocessamento aplicadas na classificação e avaliação da distribuição das espécies arbóreas nas praças de Buritizeiro/MG. **Geografia Ensino & Pesquisa**, Santa Maria, vol. 18, n. 2, p. 109-122. doi: 10.5902/2236499412503.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE), 2015. <http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=313510> Acessado aos 29/10/2015.

LEITE, M. E.; DIAS, L. S.; ROCHA, A. M. 2015. Análise da ocupação no entorno da Barragem Bico da Pedra, no Município de Janaúba/MG. **Caderno de Geografia (PUCMG)**, v. 25, p. 221-236, 2015. DOI 10.5752/P.2318-2962.2015v25n44p221

MASCARENHAS, L. M. de A.; FERREIRA, M. E.; FERREIRA, L. G. 2009. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, 21 (1): 5-18, ABR. 2009.

MENESES, P. R. & SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de Imagens. IN: MENESES, P. R. & ALMEIDA, T. (Org). **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade de Brasília – UNB, p. 191 – 208. 2012.

MOREIRA, M. A.; ADAMI, M.; RUDORFF, B. F. T. 2004. Análise espectral e temporal da cultura do café em imagens Landsat. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.39, n.3, p.223-231, mar. 2004.

NERY, C. V. M.; BRITO, D. O. ; ABREU, L. H. G. . Estudo comparativo entre os índices NDVI obtidos a partir dos sensores Landsat 5 - TM e Resourcesat - LISS III. **Caminhos de Geografia (UFU)**, v. 14, p. 46, 2013.

ROSA, R. 2005. Geotecnologias na Geografia Aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, 16 (2005) pp. 81-90. doi: <http://dx.doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0009>

SANTOS, D. C.; FONSECA, S. F.; BELEM, R. A. 2015. Características físico-químicas do solo e aspectos fitofisionômicos de uma mata ciliar e cerrado típico em Pirapora/MG. **Élisée - Revista de Geografia da UEG**, Porangatu. Vol. 4, p. 91-113.

SANTOS, C. P.; FONSECA, S. F.; SANTOS, D. C.; TRINDADE, W. M. 2015. Avaliação da qualidade da água superficial da Lagoa do Bairro Nossa senhora Aparecida Pirapora/MG a partir de parâmetros físico-químicos. **Revista da Casa da Geografia de Sobral (RCGS)**, Sobral. v. 17, p. 36-53.

SUAREZ, A. F.; CANDEIAS, A. L. B. Avaliação de acurácia da classificação de dados de sensoriamento remoto para o município de Maragogipe. IN: **Anais do IV Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 2012. v. 1. p. 1-10.

Sobre os autores

Samuel Ferreira da Fonseca - Mestre em Produção Vegetal (Pedologia) pela Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri-UFVJM. Graduado em Geografia pela UNIMONTES. Diamantina/MG, Brasil.

Vívian Mendes Hermano - Doutoranda em Geografia pela Pontifícia Universidade Católica - PUC/MG. Mestre em Desenvolvimento Social pela UNIMONTES e Bacharel em Geografia pela UFU. Janaúba/MG, Brasil.

Alexandre Christófaro Silva - Bolsista de Produtividade em Pesquisa nível 2 do CNPq, possui graduação em Engenharia Agrônoma pela Universidade Federal de Lavras,

mestrado em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) pela Universidade Federal de Lavras (1990), doutorado em Agronomia pela Universidade de São Paulo e pós-doutorado pela Universidad de Santiago de Compostela-Espanha.

Recebido para avaliação em novembro de 2015.

Aceito para publicação em abril de 2016.