



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.jeap.ufrpe.br/

10.24221/jeap.3.3.2018.1839.250-264



Integrando geotecnologias simples e gratuitas para avaliar usos/coberturas da terra: QGIS e Google Earth Pro

Combining simple and free geotechnologies to assess land uses/covers: QGIS and Google Earth Pro

Luís Flávio Pereira^a, Ricardo Morato Fiúza Guimarães^b, Raphael Rivadávia Mendes Oliveira^a

^a Universidade Federal de Viçosa-UFV, Avenida Peter Henry Rolfs, s/n, Viçosa-MG, Brasil. CEP: 36570-900. E-mail: luis.flavio@ufv.br, raphael.rivadavia@ufv.br.

^b Universidade Federal de Ouro Preto-UFOP, Rua Professor Paulo Magalhães Gomes, Ouro Preto-MG, Brasil. CEP: 35400-000. E-mail: rickmorato369@gmail.com.

ARTICLE INFO

Recebido: 08 Mar 2018

Aceito 01 Jun 2018

Publicado 04 Jun 2018

ABSTRACT

Due to the importance and the difficulty in assessing land use/cover, the use of free geotechnology has increased. The land use/cover (LUC) in the Dornelas stream basin (BD) (MG, Brazil) was evaluated, in detail, from the integration of the QGIS and Google Earth Pro (GEP) software. Potentialities/limitations of these geotechnologies were discussed, based on field data and images/models from GEP. The results showed that: (1) QGIS and GEP were complementary and their integration is simple and effective in the evaluation of the LUC, because the mapping through the interpretation of the GEP data in the QGIS showed high accuracy in field validation ($Kappa = 0.922$); (2) The applied method fits especially multicast-based mapping of small scale areas, however the software presented wide application in large area studies; (3) pedogeomorphological interplays regulate the use and state of occupation of land in the BD: agriculture and housing are implemented in small areas of low altimetry and declivity, and forests and pastures showed generalized distribution. Pastures show more degradation in high slopes lands. There has been a recent re-intensification of agriculture in the region, but the interpretation of this process requires specific studies, from a geohistorical and geopolitical perspective.

Keywords: Land degradation, soil-landscape interplay, Zona da Mata.

RESUMO

Devido à importância e dificuldade na avaliação do uso/cobertura da terra, a utilização de geotecnologias gratuitas tem aumentado. Avaliou-se detalhadamente o uso/cobertura da terra (UCT) na bacia do córrego Dornelas (BD) (MG, Brasil) a partir da integração dos softwares QGIS e Google Earth Pro (GEP) e discutiu-se potencialidades e limitações dessas geotecnologias, a partir de dados de campo e imagens/modelos tridimensionais do GEP. Os resultados mostraram que: (1) QGIS e GEP são complementares e sua integração é simples e eficaz na avaliação do UCT, pois o mapeamento, via interpretação dos dados do GEP no QGIS, apresentou alta acurácia na validação de campo ($Kappa = 0,922$); (2). O método é utilizado especialmente ao mapeamento multicategórico de pequenas áreas em escala ultradetalhada, mas os *softwares* apresentados também possuem ampla aplicação em estudos de áreas extensas; (3) interações pedogeomorfológicas regulam o uso e estado de ocupação da terra na BD: agricultura e moradia são praticadas em pequenas áreas de baixa altimetria e declividade, enquanto matas e pastagens apresentam distribuição generalizada. Pastagens estão mais degradadas em regiões elevadas e declivosas. Há uma recente reintensificação da agricultura na região, mas a interpretação desse processo necessita de estudos específicos, sob uma ótica geohistórica e geopolítica.

Palavras-Chave: Degradação da terra, relação solo-paisagem, Zona da Mata.

Introdução

Os diferentes estados de uso/cobertura da terra acarretam em impactos ambientais diversos, como mudanças climáticas regionais, alterações hidrológicas e proliferação de doenças (Foley et al., 2005). A magnitude desses impactos depende da natureza do uso/cobertura, da fragilidade (resistência e resiliência) do meio biótico e abiótico, e ainda da intensidade em que essa utilização se dá. Por exemplo: diferentes níveis de cobertura vegetal levam a diferentes intensidades de uso da terra e degradação ambiental exercidas por pastagens na bacia do rio Doce (Pereira et al., 2017); e na Mata Atlântica, padrões de fragmentação e diminuição de habitats convertidos à coberturas antropizadas podem causar extinção, declínio ou não alteração de comunidades de aves. Esses efeitos são condicionados pela guilda, estrato florestal ocupado e estado de endemismo das espécies, tanto a nível local quanto regional (Ribon, Simon, & Mattos, 2003). Dessa forma, estudar o uso e ocupação da terra e suas mutações no tempo e espaço é de suma importância na compreensão das dinâmicas fisiográfica, ecológica e até mesmo sociológica de uma região.

Apesar da importância, o mapeamento em escalas adequadas e com qualidade espacial, temporal, e categórica suficientes para fins de análise ambiental frequentemente é impossibilitado. As limitações surgem pela dificuldade de aquisição e utilização de materiais, ferramentas e métodos necessários, e que muitas vezes são dispendiosos, como *softwares* pagos, imagens multiespectrais de alta resolução espacial, temporal, e/ou radiométrica, aparelhos de medição e viagens de campo (Jensen, 2009). Outra fonte de limitações está associada à dificuldade na utilização de *softwares* robustos, que podem exigir conhecimentos avançados em programação, cartografia, física ótica e *hardware*. Assim, cada vez mais tem-se utilizado *softwares* livres, metodologias simplificadas e/ou bases de dados gratuitas na avaliação do uso/cobertura da terra (Guimarães, Pimenta & Landau, 2012; Costa, Nucci & Valaski, 2015; Cardoso & Aquino, 2014; Hu et al., 2013; Matias & Silva, 2017; Jacobson et al., 2015; Lorena et al., 2018).

Dentre os *softwares* livres mais utilizados, destacam-se o QGIS e o Google Earth Pro. O QGIS é um Sistema de Informação Geográfica (SIG) livre e aberto, suportável em Linux, Unix, MacOS, Windows e Android, suportando diversos formatos de dados vetoriais, matriciais e banco de dados. Além disso, o QGIS fornece recursos que permitem gerar, visualizar, gerenciar, editar e analisar dados, além de permitir composição de mapas imprimíveis e exportáveis em diversos formatos. O

QGIS também é capaz de integrar outros SIG's e *softwares* em suas análises, como GRASS, GDAL, SAGA, R, e diversas bases de dados, à medida que novos complementos têm sido rapidamente desenvolvidos (Guimarães, Pimenta & Landau, 2012; Nanni et al., 2017). O software conta ainda com um manual do usuário frequentemente atualizado e disponível em diversas línguas, o que junto com sua maleabilidade de funções via arquitetura de plug-ins, faz com que o QGIS seja adaptável às necessidades de qualquer usuário (Guimarães, Pimenta & Landau, 2012). O Google Earth é a simulação de um globo terrestre virtual, que utiliza dados de elevação e imagens de satélite de fontes variadas. O sistema utiliza linguagem KML (*Keyhole Markup Language*) e, apesar do ceticismo de muitos especialistas quanto à sua utilização para fins científicos, vem sendo comprovado que sua base de dados possui confiabilidade para muitos fins, dentre eles o mapeamento do uso e cobertura da terra em escalas detalhadas a ultradetalhadas (Guimarães, Pimenta & Landau, 2012; Sztutman, 2014). Outras características vantajosas são: possibilidade de integração com outros SIG's; atualização constante do seu banco de dados; possibilidade de realizar visualizações e análises em modelos tridimensionais (3D); criar, gerir, e sobrepor camadas; e possibilidade de exportar imagens e mapas editáveis de alta resolução. Essas funcionalidades destacam o Google Earth Pro (GEP) como um forte aliado na avaliação do uso/cobertura da terra.

Este estudo objetivou avaliar o uso/cobertura da terra de forma detalhada através de uma metodologia simplificada, por meio da integração dos softwares GEP, QGIS e complementos associados. Em complemento, discutiu-se potencialidades e limitações na utilização dessas geotecnologias gratuitas para fins de avaliação do uso/cobertura da terra.

Material e Métodos

Para atender aos objetivos, utilizou-se apenas os dados disponíveis na base do GEP e os coletados em campo. Foi realizado trabalho de campo para caracterização das coberturas, que forneceu subsídios para a interpretação das imagens e o mapeamento do uso/cobertura da terra no QGIS, com auxílio do GEP. Posteriormente, séries temporais de imagens e modelos 3D do GEP foram utilizados para analisar algumas relações entre cobertura/meio físico, dinâmica recente das coberturas e interferências antrópicas diversas. Tanto GEP, quanto QGIS, foram usados na composição dos mapas e representações gráficas apresentados. Nos tópicos a seguir, são

apresentados os detalhamentos metodológicos passo a passo.

Área de estudo

Para o desenvolvimento do estudo foi escolhida a bacia hidrográfica do córrego Dornelas (BD), com área de 1511,41 ha. A escolha se deu pela facilidade de acesso, malha rodoviária densa, diversidade de usos da terra e dinâmica fisiográfica típica de um dos *hotspots* de biodiversidade mais

ameaçados do Brasil: o bioma Mata Atlântica (Figura 1E). A BD está compreendida na zona rural do município de Rio Espera, Zona da Mata, MG, Brasil (Figura 1). O córrego deságua na margem direita do ribeirão do Melo, que por sua vez é um importante afluente do alto rio Piranga, principal formador do rio Doce. A região é amplamente antropizada, ocupada por propriedades minifundiárias com agricultura, predominantemente familiar (Leite et al., 2017).

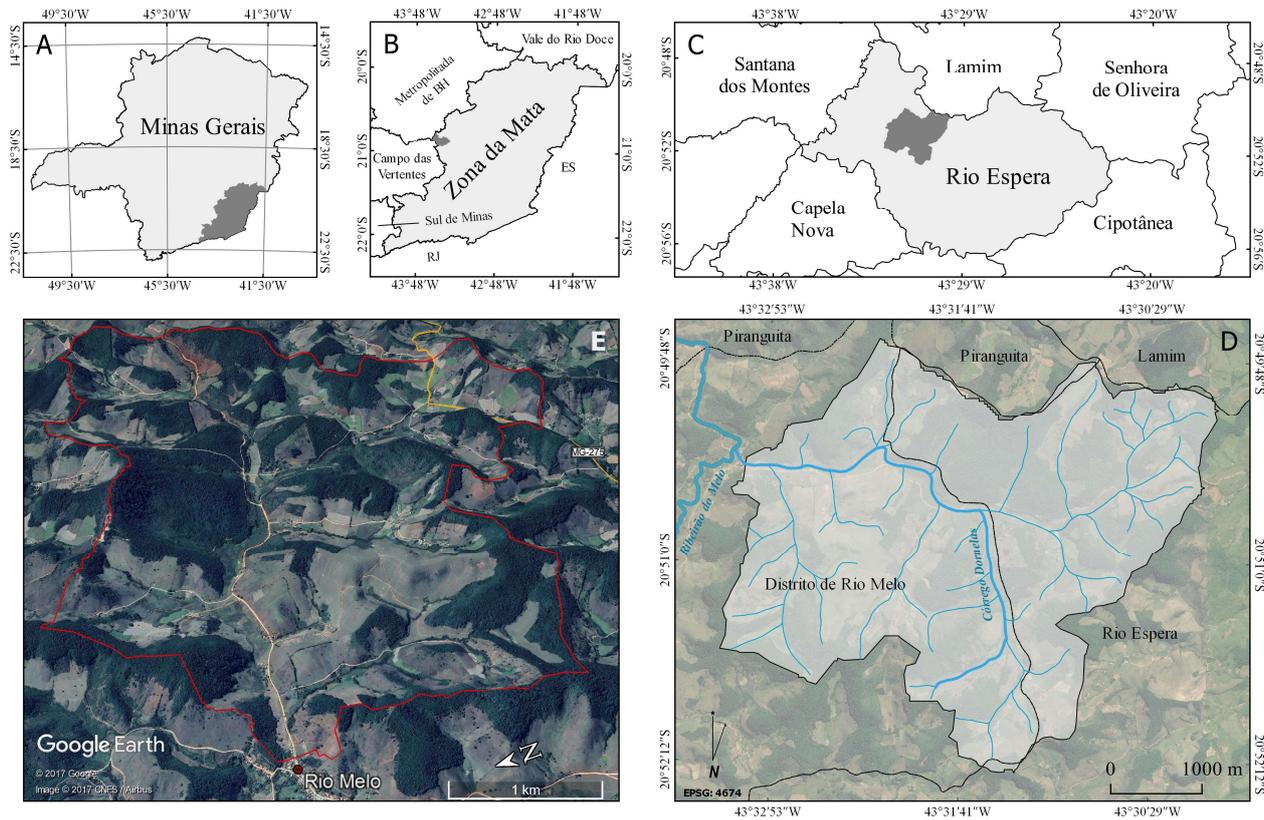


Figura 1. Localização da bacia do córrego Dornelas (BD), Minas Gerais, Brasil. A. Localização da Zona da Mata no estado de MG; B. Localização Município de Rio Espera na Zona da Mata; C. Localização da BD e dos cursos hídricos no município de Rio Espera e seus distritos; D. Representação tridimensional da Bacia.

Quando ao meio físico, a BD apresenta características típicas dos planaltos soerguidos da faixa móvel do atlântico leste: alta densidade de drenagem; solos de regolito profundos e lixiviados formados sobre rochas granítico-gnáissicas do escudo cristalino (Latossolos, Argissolos, Cambissolos, Gleissolos e Neossolos, em ordem de dominância); e relevo movimentado, com morros de topos concordantes e ligeiramente aplainados, ravinas anfiteátricas e planícies aluviais associadas a terraços ou depósitos de sopés (Schaefer, 2013) (Figura 1DE). Essa configuração pedogeomorfológica e o clima tropical de altitude (1900 mm de precipitação anual) resultaram na (da) dominância de uma fitofisionomia de mata densa, a floresta semidescídua que dá nome à mesorregião sudeste de minas: Zona da Mata (Schaefer, 2013; Leite et al., 2007).

Caracterização dos usos/coberturas da terra em campo

Ao analisar-se as imagens disponíveis no GEP para a região, identificou-se grande diversidade de usos/coberturas da terra. Alguns deles não foram facilmente interpretados e classificados, e por isso foram realizadas visitas a campo, de modo a caracterizar e identificar os usos/coberturas dúbios de forma adequada.

Para a avaliação de campo, foi realizada uma caminhada na estrada que corta a BD transversalmente no sentido leste – oeste. Essa estrada foi escolhida por permitir visualizar amostras de todos os padrões de uso/cobertura da terra identificados nas imagens, e simultaneamente ter um campo de visão restrito (ao longo do vale principal, cercado por morros). Esse procedimento permitiu que o posterior mapeamento no restante

da bacia não fosse enviesado pela identificação em campo para a data analisada, em detrimento da interpretação puramente baseada nos dados do GEP (Figura 1E).

A avaliação em campo foi realizada no período de 7 a 9 de setembro de 2017, e características observadas foram anotadas e marcadas sobre imagens do GEP ainda em campo.

Mapeamento digital e validação

A imagem disponível para a data mais próxima (27 de agosto de 2017) foi interpretada de modo a permitir o mapeamento do uso/cobertura da terra na bacia. A interpretação foi feita em observação às formas, tamanhos, cores, texturas e associação entre usos/coberturas e meio físico, conforme os padrões das áreas avaliadas em campo. Assim, compôs-se um modelo geral de interpretação agroambiental dos dados disponíveis no GEP.

O mapeamento foi realizado por vetorização em tela utilizando as ferramentas de criação e edição de polígonos do QGIS versão 2.16.12 – “Las Palmas”. A escala de mapeamento escolhida foi a ultradetalhada (1:4000), em que a unidade mínima mapeável (UMP), segundo recomendações do manual técnico de uso da terra do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2013), é aquela com área de 400 m². Usos/Coberturas identificáveis, mas com extensão menor do que 400 m² foram classificadas como parte da unidade de mapeamento adjacente que tivesse maior contato perimetral.

Para gerar as feições, o polígono da área da bacia foi delimitado no QGIS, conforme procedimentos recomendados por Bruno (2017), e sobreposto à imagem do GEP utilizando-se o plug-in QuickMapServices. Esse *plug-in* acessa a imagem mais recente disponível no GEP, e necessita de conexão à internet. Uma opção para aquisição de imagens do GEP, de modo a permitir que se trabalhasse *off-line*, via *download*, das imagens, foi o aplicativo SAS.Planet (https://bitbucket.org/sas_team/sas.planet.bin/downloads). Para diminuir dúvidas em relação aos usos/coberturas dúbios, foram utilizadas todas as outras imagens do GEP disponíveis entre 2008 e 2017, organizadas em uma série temporal e em modelos 3D, com diferentes realces verticais feitos no GEP. A comparação entre essas imagens foi feita utilizando-se o próprio GEP, em dupla tela e observação simultânea, ou exportando-se o *shapefile* do QGIS em formato KML, de modo a realizar a sobreposição direta no GEP, quando uma comparação mais minuciosa era necessária.

Depois de gerado, o mapa foi exportado em formato KML e avaliado no GEP. As séries

temporais e a visualização em 3D (Figura 1E) com e sem realce foram utilizadas para monitorar e identificar mudanças, peculiaridades e características da distribuição e constituição dos usos/coberturas identificados. O próprio GEP foi utilizado para gerar representações gráficas e mapas para apresentação dos resultados.

Para validação em campo, foram criados pontos distribuídos aleatoriamente sobre cada classe mapeada. O número de pontos foi definido conforme a área mapeada: para usos/coberturas que ocupavam menos de 1% da área total da BD, o número de pontos foi igual ao número de polígonos encontrados. Para usos/coberturas que ocupavam entre 1 e 10%, o número de pontos foi igual a 20, e para os que ocupavam mais 10% da área total, foram utilizados 30 pontos. Os pontos foram criados separadamente para cada classe e com uma distância mínima de 30 m entre si, através da ferramenta “Pontos aleatórios do interior dos polígonos (fixos)”, no QGIS.

A bacia foi percorrida entre os dias 14 e 16 de novembro de 2017, e os pontos de validação, bem como o mapa de uso da terra obtido, foram comparados aos usos/coberturas encontrados em campo. A veracidade das interpretações feitas durante o monitoramento no GEP também foi verificada. Utilizou-se o índice Kappa para avaliar a acurácia do mapeamento, calculado e interpretado, conforme Landis & Kock (1977) (Tabela 1), utilizando-se os pontos de validação obtidos.

Tabela 1. Interpretação dos valores de Kappa. Quanto maior o valor do índice Kappa, maior a concordância entre o mapa obtido e o uso verdadeiro, avaliado em campo. Fonte: Adaptado de Landis & Kock (1977).

Valores de Kappa	Interpretação
< 0	Sem concordância
0 a 0,19	Concordância muito baixa
0,20 a 0,39	Concordância baixa
0,40 a 0,59	Concordância moderada
0,60 a 0,79	Concordância alta
0,80 a 1,00	Concordância muito alta

O índice Kappa foi calculado através da ferramenta disponibilizada pelo Laboratório de Epidemiologia e Estatística do Instituto Dante Pazzanese de Cardiologia (<http://www.lee.dante.br/pesquisa/kappa>), que além de fornecer valores de Kappa para cada classe, provê também intervalos de confiança a 95% de probabilidade e níveis de significância para cada classe, conforme Fleiss (1981) e Siegel & Castelan (1988). Após a avaliação em campo, o

mapa foi corrigido conforme os erros identificados nos pontos de validação e observações por toda a bacia.

Resultados

Caracterização de usos da terra e suas relações com o meio físico

A avaliação em campo confirmou uma alta diversidade e variabilidade intraclasse dos usos/coberturas. Os usos/coberturas foram agrupados em classes de uso/cobertura da terra mapeáveis na escala de 1:4000, e são eles: agricultura, corpos d'água, capoeiras (regenerações naturais), edificações, matas, pastagens e silvicultura (eucalipto). A classe agricultura foi desmembrada nas subclasses cana e agricultura anual (outras culturas), pois a cana apresenta-se como cultura dominante e de fácil identificação nas imagens do GEP, enquanto outras culturas estão presentes de forma menos marcante. As áreas com solo exposto não foram agrupadas em uma classe própria, e foram interpretadas hora como parte dos conjuntos de edificações, hora como talhões de agricultura ou partes severamente degradadas de pastagens. No caso de interpretadas como agricultura, as áreas de solo exposto foram classificadas em agricultura anual ou cana, conforme a associação com os talhões próximos e histórico de uso, de acordo com as séries temporais de imagens do GEP.

Uma complexa distribuição espacial e associação entre usos e coberturas da terra também foi identificada (Figura 2A). Topos de morro geralmente estão cobertos por matas, principalmente aqueles de maiores altitude e declividade. Topos mais baixos e aplainados são geralmente ocupados por pastagens ou silvicultura de eucalipto. A maior parte das vertentes é ocupada por pastagens plantadas, o uso mais disseminado na região. Algumas vertentes de ravinas anfiteátricas são ocupadas por culturas agrícolas anuais, principalmente nas porções mais basais e/ou aplainadas. Em relação aos terraços, várzeas e porções basais das encostas, esses são ocupados por uma matriz intrincada e complexa de usos/coberturas associados entre si: as áreas de pastagens mostram distribuição generalizada, e limitam áreas de culturas agrícolas, brejos e edificações. Na verdade, a maior parte dos brejos e áreas de preservação permanente (APP) de curso d'água são utilizadas como pastagens (Figura 2A, D), que, geralmente, estão mais conservadas, quando comparadas às que ocupam encostas declivosas (Figura 2C). Edificações mostram uma íntima associação com as áreas de culturas anuais. Dentre essas culturas, destacam-se feijão, milho, amendoim e olerícolas diversas, utilizadas na alimentação dos agricultores e animais.

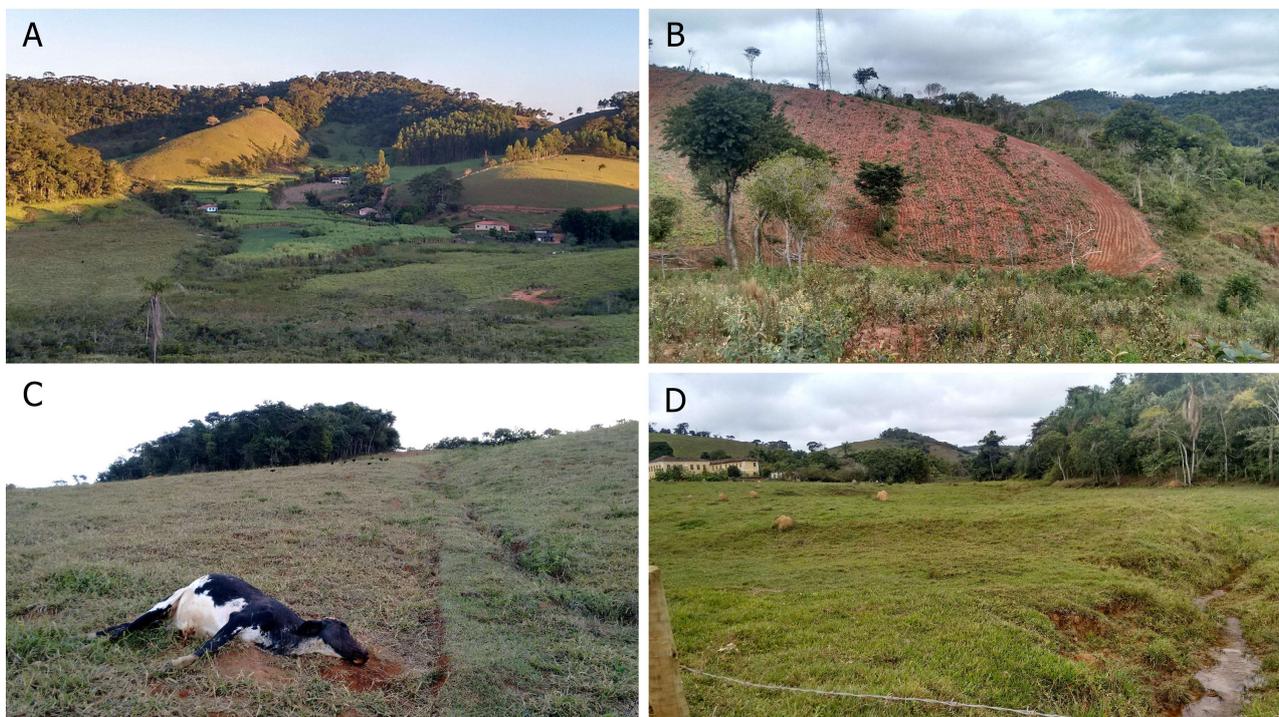


Figura 2. Aspecto geral da ocupação das terras na bacia do córrego Dornelas (BD), Minas Gerais, Brasil. Paisagem típica da BD (A); pastagens implementadas de forma incorreta (aragem morro abaixo) em locais altos e declivosos (B); Pastagens com problemas de implementação tornam-se degradadas e causam prejuízos econômicos e socioambientais (C); APP de curso d'água em áreas desmatadas (D).

Em suma, a maior parte das terras cultivadas são ocupadas com pastagens destinadas à bovinocultura de leite e corte. Associadas a essas pastagens, encontram-se pequenas capoeiras, canaviais e milharais destinados à produção de silagem para alimentação do gado no período seco. Os maiores canaviais são destinados à produção de cachaça e derivados, enquanto pequenas áreas com produção de cereais e olerícolas associadas às edificações, a maioria moradias, são utilizadas na produção de alimentos para a população, animais domésticos e produção subsistencial de aves e suínos.

Todas essas informações foram utilizadas no processo de interpretação e mapeamento dos usos da terra, via interpretação dos dados disponíveis no GEP.

Padrões das coberturas em imagens do GEP

Na Figura 3 são apresentados os padrões visuais identificados sobre imagens do GEP para cada classe de uso/cobertura da terra. Os padrões apresentados expressam o aspecto geral e de maior frequência, mas existe variabilidade das características visuais, principalmente para aquelas classes que abarcam diversos tipos ou estados de uso/cobertura, como agricultura anual. Nessa classe, aspectos relacionados a cor e textura variam enormemente em relação ao estado fenológico da cultura, e em relação à cultura implementada, em específico (Figura 3A).

As áreas de agricultura anual (Figura 3A) apresentam tamanho e coloração diversos, de tons vermelho-rosados, devido à exposição do solo, a verde-escuros e marrom-enegecidos. Possuem forma regular (poligonal com poucos vértices), com textura homogênea de lisa a rugosa, mas geralmente com aspecto padronizado, deixado pelas linhas de plantio ou faixas de cultivo. A Figura 3A apresenta talhões com três diferentes estados fenológicos do milho.

Corpos d'água (Figura 3B) geralmente apresentam cor esverdeada ou em tons verde-amarronzados e escuros, e estão presentes em formas regulares ou irregulares, mas sempre pequenas e com textura muito lisa e homogênea. Por vezes são cercadas por vegetação em tom verde-escuro ou margeadas por uma coloração verde-enegecida, típica dos ambientes palustres classificados como brejos (Figura 3C). Os brejos apresentam forma irregular alongada, textura rugosa heterogênea e tamanho variado.

As áreas ocupadas por cana (Figura 3D), assim como as ocupadas por agricultura anual, apresentam formas regulares e tamanhos variados, mas são facilmente distinguíveis por sua homogeneidade de cor (verde-claro), textura lisa e

pela presença de áreas de coloração esbranquiçada, resultante da palha deixada pelo corte da cultura.

As capoeiras (Figura 3E) apresentam-se associadas a bordas de matas (Figura 3G) ou emergidas em pastagens. As capoeiras possuem forma irregular e tamanhos variados, cor verde-pálida ou verde-enegecida e textura rugosa muito heterogênea. As matas apresentam cor verde heterogênea (algumas áreas podem apresentar manchas esbranquiçadas), tamanho muito variado, textura rugosa heterogênea e forma irregular (Figura 3G).

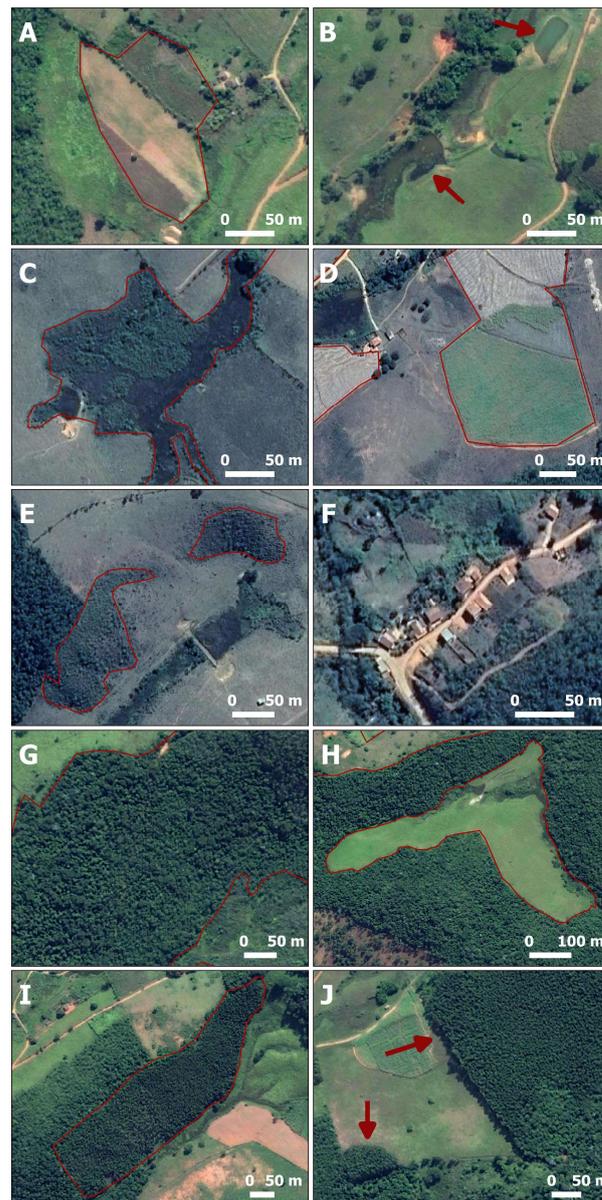


Figura 3. Exemplos visuais para identificação das classes de uso/cobertura da terra em imagens do Google Earth Pro (GEP). A. agricultura anual; B. corpos d'água; brejos; C. cana; E. capoeiras; F. edificações; G. mata; H. pastagem; I, J. silvicultura de eucalipto.

As pastagens (Figura 3H) apresentam tamanho variável e formas bastante irregulares, textura lisa e cores variáveis de acordo com o nível de degradação (de rosada a verde claro intenso). A Figura 3H apresenta uma pastagem não degradada, associada a um pequeno brejo.

As áreas de silvicultura de eucalipto (Figura 3IJ) possuem coloração verde-escura, forma regular, textura rugosa bastante homogênea e tamanho variável, distinguíveis das matas, principalmente, por seu caráter altamente homogêneo em cor e textura.

Mapeamento digital e validação

O mapa de uso da terra foi obtido por vetorização sobre a imagem de 27 de agosto de 2017, interpretando-a conforme os padrões observados em campo e nos modelos e imagens do GEP (Figura 4A). A validação se deu em campo, através dos 163 pontos de visita demarcados, e o mapa foi

corrigido conforme as observações realizadas (Figura 4B). As pastagens são o uso predominante, seguidas por matas e capoeiras, canaviais, brejos e agricultura. A silvicultura, as edificações e os corpos hídricos ocupam uma área reduzida, menos de 2% da bacia. Os resultados mostram uma ocupação agrícola relativamente intensa, mas com talhões pequenos que não seriam identificados em escalas de mapeamento pouco detalhadas (UMP > 4 ha, escala menor que 1:40000, segundo IBGE (2013)) (Figura 5). Para melhor representação gráfica, pontos de exceção para matas (duas unidades, áreas de 187,36 e 42,54 ha) e pastagens (3 unidades, áreas de 339,6; 81,52 e 49,7 ha) não foram representados na figura. Os padrões de variabilidade do tamanho das unidades de mapeamento estão em acordo com as observações de campo (descritas, anteriormente, no item “Caracterização de usos da terra e suas relações com o meio físico”

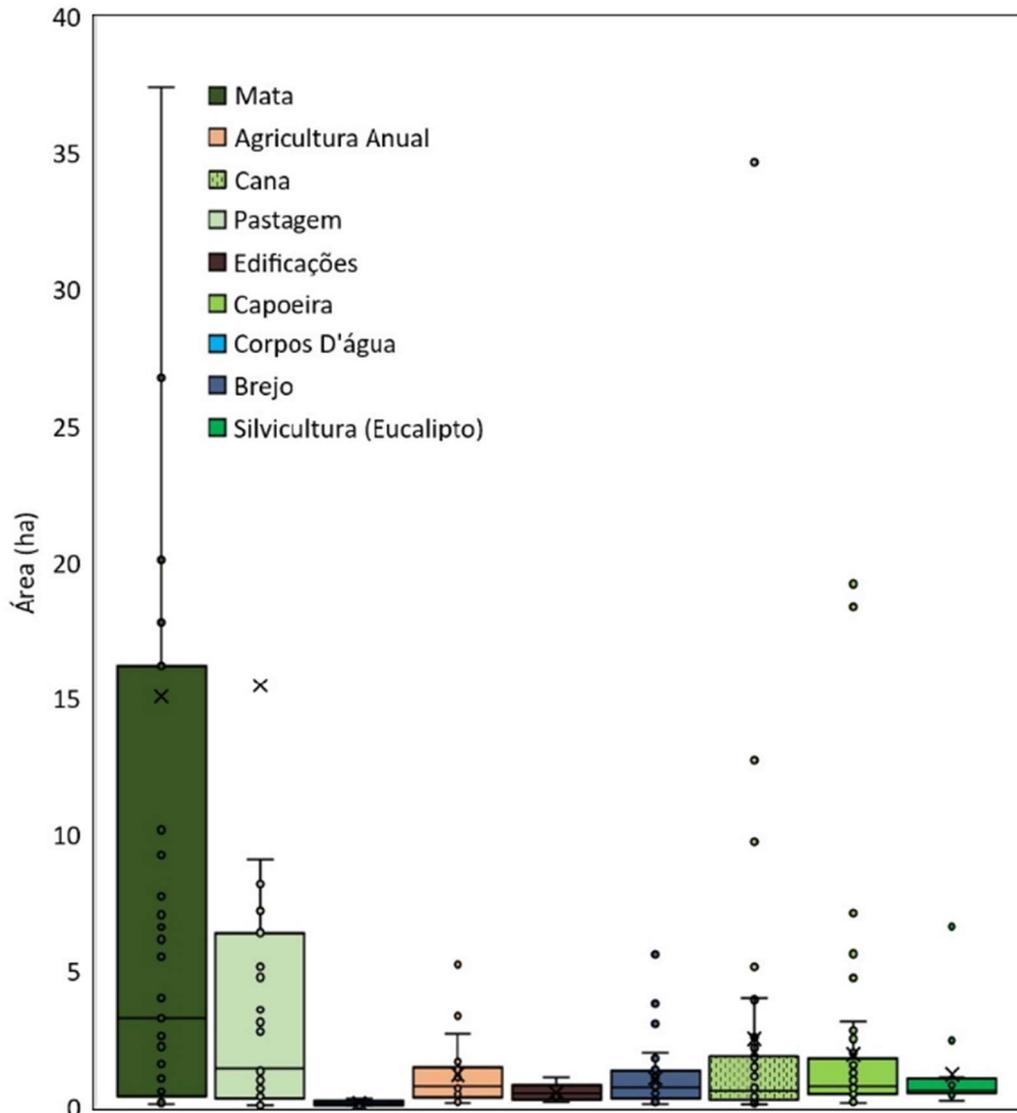


Figura 5. Boxplot mostrando a variabilidade do tamanho das unidades de mapeamento para cada classe mapeada.

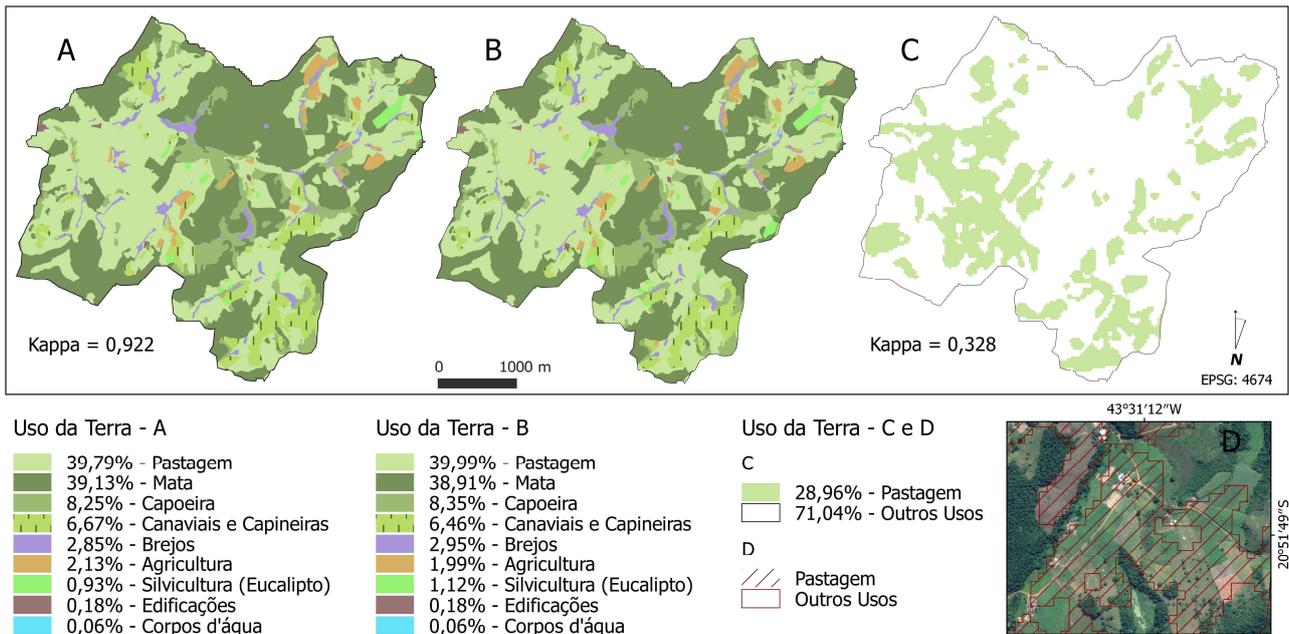


Figura 4. Mapas de uso/cobertura da terra para a bacia do córrego Dornelas (BD), Minas Gerais, Brasil. Mapa inicial (A), mapa corrigido (B) e comparação com o mapa de Parente et al. (2017) (C e D).

Na Tabela 2 são detalhados os dados de validação do mapeamento. De forma geral, os valores de índice Kappa apresentaram-se altos: maiores que 0,80 para todas as classes mapeadas, e igual a 0,922 para mapeamento completo. As classes água e edificações não apresentaram nenhum erro de classificação, enquanto as classes que apresentaram o maior número de erros foram cana e agricultura anual. Os valores de Kappa foram altamente significativos e, para um intervalo de confiança de 95% de probabilidade, nenhum deles se apresentou menor que 0,72. Esses valores indicam uma concordância excelente entre a verdade de campo e o mapeamento digital (Tabela 1). Os principais erros de classificação ocorreram por confusão de classes com padrões visuais parecidos, ou devido mudanças recentes no uso da terra (Tabela 2).

Para uma avaliação comparativa, o mapa de pastagens do Brasil, elaborado por Parente et al. (2017), derivado de imagens Landsat 8 (maps.lapig.iesa.ufg.br/?layers=pa_br_rf_pastagens_30_2015_lapig), foi plotado sobre a área da bacia. O mapa foi obtido para o ano de 2015, com uma área mínima mapeável de 900 m² (escala equivalente de 1:6000), segundo critérios de mapeamento adotados neste estudo (IBGE, 2013). A metodologia utilizada pelos pesquisadores se baseou em técnicas avançadas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, e apresentou alta acurácia (87%). Apesar de algumas

limitações do método, optou-se por sua aplicabilidade na geração de mapas anuais de pastagens para grandes áreas, de forma generalizada.

Todavia, a utilização dos pontos de validação em campo (reclassificados como pastagem e não-pastagem) para calcular a acurácia do mapa de Parente et al. (2017) para a bacia, permitiu encontrar um índice Kappa de valor bastante reduzido (0,328), que aponta uma concordância baixa entre o mapa e a verdade de campo (Tabela 1 e Figura 4C). Comparando-se o mapa às imagens do GEP, identificou-se que a baixa concordância estava associada à confusão entre as classes cana e agricultura anual (Figura 4D). A área de pastagens estimada para a bacia, por Parente et al. (2017), também foi bastante inferior à mapeada nesse estudo, cerca de 28% menor em relação ao mapa final corrigido (Figuras 4BC).

Monitoramento agroambiental com o GEP

A avaliação da dinâmica ambiental e temporal do uso/cobertura da terra foi realizada através do GEP. Modelos 3D com altimetria realçada em até três vezes e uma série temporal de imagens de 2008 a 2017 foram utilizados para identificar características, mudanças no uso/cobertura, sua distribuição espacial e associações frequentes, interpretados segundo os mesmos padrões utilizados no mapeamento.

Tabela 2. Matriz de confusão resultante da validação de campo.

Mapa	Pastagem	Água	Brejo	Cana	Capoeira	Eucalipto	Edificações	Agricultura	Mata	Total
Pastagem	30	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Água	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6
Brejo	0	0	19	0	1	0	0	0	0	20
Cana	2	0	0	17	0	0	0	1	0	20
Capoeira	0	0	2	0	18	0	0	0	0	20
Eucalipto	0	0	0	0	0	12	0	0	0	12
Edificações	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
Agricultura	2	0	0	1	0	0	0	17	0	20
Mata	0	0	0	0	1	1	0	0	28	30
Total	34	6	21	18	20	13	5	18	28	163
Estadística	Classes mapeadas									Geral
	Pastagem	Água	Brejo	Cana	Capoeira	Eucalipto	Edificações	Agricultura	Mata	
Kappa	0,922	1,0	0,916	0,881	0,886	0,967	1,0	0,881	0,958	0,922
Valor de P	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
IC 95%	0,769 - 1,0	0,846 - 1,0	0,763 - 1,0	0,728 - 1,0	0,732 - 1,0	0,803 - 1,0	0,846 - 1,0	0,728 - 1,0	0,805 - 1,0	0,862 - 0,982

Ao analisar as séries temporais de imagens, foram identificadas mudanças significativas no uso/cobertura da terra nos últimos anos, principalmente a partir de 2014 (Figura 6). No entorno de novas ou antigas edificações surgem algumas alterações ambientais marcantes, como é possível observar comparando-se as imagens A e B da Figura 6. Dentre essas alterações, frequentemente aparecem novos lagos construídos ou restaurados por desassoreamento. Comparando-se as imagens C e D da Figura 6, nota-se também a supressão de um grande fragmento florestal em regeneração natural avançada, com subsequente preparo inicial do solo (Figura 2B), mas razoavelmente ocultada pelo relevo e fragmentos adjacentes. Uma mudança comumente identificada é a supressão de pequenas clareiras de vegetação nativa, encobertas por fragmentos maiores, principalmente quando próximos de estradas ou áreas onde o relevo permite maior visibilidade à longa distância (vertentes inclinadas para áreas abertas) (Figura 6E). Outro processo recente identificado através da série temporal de imagens no GEP refere-se ao aumento progressivo da área ocupada por culturas agrícolas anuais diferentes da cana (Figuras 6AE). Vários talhões agrícolas têm sido implementados e continuamente utilizados sem posterior reconversão a novos usos. A maior parte desses talhões era ocupada por pastagens pouco manejadas ao redor de propriedades isoladas, e uma pequena parcela por vegetação espontânea (matas ou capoeiras).

Os mesmos padrões espaciais de distribuição dos usos/coberturas identificados em campo foram facilmente observados utilizando-se o GEP, que forneceu ainda um melhor detalhamento dessas características: as capoeiras surgem em áreas de difícil ocupação, como áreas muito declivosas em pastagens e topos de morros íngremes. Como observado em campo na etapa de

caracterização, as pastagens apresentam maior degradação quando associadas a vertentes declivosas do que quando cultivadas próximas à hidrografia, em locais planos. Entretanto, a avaliação, via GEP, permitiu identificar que pastagens presentes nos topos de morro aplainados também aparentam uma menor degradação, com padrão visual semelhante ao encontrado nas áreas de baixa cota altimétrica, ao longo de todo o topo plano (Figura 6G).

As séries temporais de imagens do GEP também permitiram a identificação da variabilidade anual e características marcantes nos usos/coberturas da terra na BD. A comparação das imagens A e B da Figura 7 permitiu visualizar dois estados fenológicos distintos da cultura do milho: um referente a agosto, quando da implantação da cultura, e o outro em maio, na colheita. Os pontos brancos, na Figura 7B, são montes de espigas recém tiradas das faixas colhidas, que apresentam um aspecto padronizado e de coloração mais clara. É possível identificar que ocorreram obras de ampliação da largura da estrada, e um consequente espalhamento da poeira vermelha sobre áreas de pastagens, que apresentam aspecto degradado, devido a imagem datar do final da época seca na bacia. A Figura 7C mostra canaviais parcialmente colhidos, evidenciando a facilidade para diferenciar talhões de cana das culturas anuais, tanto pelo padrão de cor característico, quanto pela distribuição generalizada. É notável a ocorrência da cana, não só em terraços e várzeas, mas, também, sobre terras relativamente elevadas e declivosas, o que permite a existência de talhões maiores do que os da agricultura anual (Figura 5). As manchas esbranquiçadas evidenciadas em meio a matas e capoeiras são embaúbas arbóreas (*Cecropia* sp.), plantas pioneiras muito frequentes nas bordas e interior dos fragmentos florestais da BD.



Figura 6. Mudanças e padrões no uso da terra na bacia do córrego Dornelas, Minas Gerais, Brasil. Triângulos vermelhos representam supressão de vegetação natural, quadrados laranja representam áreas recentemente convertidas de pastagens à agricultura anual, e os círculos azuis indicam a construção de lagos artificiais. A comparação deve ser feita em relação à imagem ao lado.



Figura 7. Variabilidade temporal intra-anual nas classes agricultura anual (A e B) e cana (C) na bacia do córrego Dornelas, Minas Gerais, Brasil. Círculos cinza indicam talhões de cana colhidos, e verdes indicam talhões ainda com a cultura. Setas brancas indicam montes de espigas de milho sobre faixas colhidas em B, e setas e círculos mostram embaúbas (C). O quadrado laranja (em A) indica uma área de agricultura anual, advinda da conversão de uma pastagem.

Todos os dados relevantes gerados nesse estudo estão disponíveis para *download* livre e gratuito em Pereira, Guimarães & Oliveira (2018).

Discussão

Neste estudo, o uso/cobertura da terra foi analisado através de uma abordagem simples e diversificada, utilizando-se avaliações *in loco* e interpretação das imagens e modelos 3D do GEP. A caracterização de campo foi importante na detecção dos principais usos/coberturas e suas características, mas os recursos do GEP se mostraram complementares e indispensáveis na avaliação da BD, por permitirem uma análise espaço-temporal em diferentes escalas, sendo ferramentas de grande utilidade no monitoramento e interpretação agroambiental (Figuras 6 e 7). Não por acaso, vários estudos têm utilizado imagens e modelos de terreno do GEP com êxito na avaliação do meio físico para os mais diversos fins, como: mapeamento do uso e cobertura da terra e

monitoramento ambiental em meio urbano ou rural (Matias & Silva, 2017; Hu et al., 2013; Costa, Nucci & Valaski, 2015; Ghorbani & Pakravan, 2013; Jacobson et al., 2015; Lorena et al., 2018); geração de imagens estereoscópicas para mapeamento geotécnico e geoambiental (Rodrigues & Zaine, 2015); e ensino de disciplinas como cartografia e geomorfologia, nos níveis médio e superior (Souza & Albuquerque, 2017; Pires, Pereira & Pipitone, 2016). Nesses estudos, a utilização das imagens está relacionada à sua alta resolução espacial, disponibilidade gratuita, alta acessibilidade e facilidade de manipulação, características que podem ser entendidas como causas gerais do aumento na utilização de dados do GEP.

Apesar das imagens do GEP apresentarem baixa consistência e resolução espectral, o que limita seu uso para classificações automáticas baseadas no espectro, métodos de classificação orientada a objetos aplicados sobre imagens do GEP podem fornecer mapas com qualidade alta, próxima aos derivados de imagens QuikBird (Hu et al., 2013). Por isso, os critérios de classificação adotados na interpretação das imagens no presente estudo (forma, cor, tamanho e textura) produziram mapas de acurácia excelente, refletindo, de forma quase perfeita, a realidade encontrada em campo. Os padrões visuais dos usos/coberturas da terra em imagens do GEP semelhantes aos encontrados nesse estudo também foram descritos por Cardoso & Aquino (2014), em um ecotono semiárido – Amazônia. Essa informação, aliada aos bons resultados de validação encontrados na BD (Tabela 2), sugere que a metodologia e os critérios de classificação apresentados podem ser empregados, de forma geral, na interpretação do uso/cobertura da terra.

Mesmo com aplicação limitada a pequenas áreas, a metodologia utilizada apresenta-se como a mais adequada para a obtenção de mapas com grande especificidade categórica e escalas de mapeamento ultradetalhadas, que são de suma importância para projetos de planejamento e gestão agroambientais e de outras áreas. Enquanto isso, as técnicas avançadas em sensoriamento remoto e classificação automática aplicadas no mapeamento de uso da terra são especialmente úteis ao serem analisadas grandes áreas com baixa aplicação de recursos. Essas afirmações são baseadas na comparação do mapa obtido por Parente et al. (2017) com o constatado no campo, onde, mesmo com a aplicação de algoritmos poderosos sobre um grande número de dados para o mapeamento de apenas duas categorias, produziu um mapa final com baixa precisão em escala detalhada, mas com uma ótima acurácia global, considerando uma área

continental como o Brasil (Figura 4CD). As mesmas conclusões podem ser tiradas a partir dos resultados apresentados por Ghorbani & Pakravan (2013), que encontraram alta acurácia (Kappa = 0,90) para mapeamento detalhado, via interpretação de imagens do GEP, e uma concordância pobre (Kappa = 0,22) para classificação automática não supervisionada utilizando-se imagens Landsat da região norte do Iran. Todavia, algumas propostas permitem analisar o uso e cobertura da terra utilizando os dados disponíveis no GEP, até mesmo em grandes áreas, como a abordagem apresentada por Jacobson et al. (2015), o que permitiu mapear e monitorar o uso da terra em todo o leste africano.

Muitos especialistas mostram-se céticos em relação à qualidade cartográfica dos mapas obtidos via interpretação de imagens do GEP (Guimarães, Pimenta & Landau, 2012), mas estudos têm mostrado que a base de dados possui confiabilidade posicional para projetos em SIG, em escalas detalhadas a ultradetalhadas, atendendo a padrões cartográficos nacionais e internacionais (Guimarães, Pimenta & Landau, 2012; Sztutman, 2014; Ferreira & Grifo, 2017). Dessa forma, dados do GEP são extremamente úteis e definitivamente podem ser considerados como uma opção viável em muitos projetos que agreguem, em seu escopo, a análise espacial e a avaliação do uso/cobertura da terra.

Quanto à dinâmica espacial dos usos da terra, pode-se entender as relações uso/relevo através das interações pedogeomorfológicas da bacia. Segundo Schaefer (2013), na região da BD ocorrem latossolos argilosos de estrutura microgranular e relevo aplainado nos topos de morro, o que possibilita menores perdas de solo, matéria orgânica e água, apesar da pobreza em nutrientes. Dessa forma, os topos possuem uma aptidão agrícola natural à silvicultura de eucalipto e pastagens de gramíneas tolerantes à pobreza de nutrientes, o que explica a distribuição generalizada desses usos nesse compartimento. Em compartimentos geomorfológicos, onde existem terras com maior disponibilidade de recursos, como várzeas, terraços fluviais e terços inferiores das encostas (áreas de baixa declividade e cota altimétrica), a fertilidade natural é relativamente alta e ocorre menor disponibilidade hídrica nos períodos de seca (Schaefer, 2013). Essa configuração explica duas características marcantes no uso da terra na BD: áreas de produção agrícola sempre pequenas (Figura 5), devido à restrição pelo tamanho reduzido desses compartimentos férteis, e concentração de pastagens conservadas, agricultura e moradia da BD nesses compartimentos, o que resultou no

desmatamento de praticamente todas as APP de cursos d'água (Figura 2D). As áreas altas e declivosas são ocupadas por matas, regenerações naturais e pastagens degradadas/abandonadas, possivelmente pela baixa disponibilidade de recursos e dificuldade de acesso e manejo nesses ambientes (Figuras 2AC e 6G). A intensa atividade humana próxima aos cursos d'água e a intensa degradação da terra, em ambientes com baixa aptidão agrícola, têm gerado impactos ambientais severos, como: desaparecimento de nascentes ou diminuição de suas vazões, desregularização da vazão dos rios, assoreamento intensificado de cursos d'água e má qualidade da água e infecções por doenças relacionadas ao despejo de dejetos humanos e animais nos cursos d'água, pela falta de saneamento básico rural adequado (Leite et al., 2007; Pereira et al., 2017).

Em campo, e através das séries temporais do GEP, identificou-se que os desmatamentos ocorrem de forma lenta ao longo do tempo, mascarando-se o processo através de queimadas e retiradas graduais da vegetação. Após o processo gradual, a área é arada, e ocorre a implantação de culturas anuais ou pastagens. Os padrões observados sugerem que há uma tentativa de ocultar o processo de desmatamento, temporal e espacialmente (Figura 6), provavelmente porque a supressão de vegetação natural na Mata Atlântica encontra restrições e sanções de caráter severo, e os episódios de desmatamento possivelmente não foram permitidos pelos órgãos reguladores, assumindo caráter ilegal.

O desmatamento e a recente expansão da ocupação agrícola e humana, identificada na BD, podem ser entendidos, não como um fenômeno primário, mas, sim, como processo de reintensificação do uso da terra. Essa conclusão é baseada no histórico regional e na análise local da bacia. As matas da BD apresentam, em seu interior, a ocorrência de espécies pioneiras (Figura 6C), um indicativo de que são regenerações naturais em estado avançado (aproximadamente 70 anos), como aquelas encontradas por Ribon, Simon, & Mattos (2003) no mesmo planalto, na região de Viçosa, MG. Na realidade, dados disponíveis em Pimenta (2010) mostram um aumento total de, aproximadamente, 7,5% na cobertura florestal para a bacia do ribeirão do Melo, a partir da década de 1960, o que torna conclusivo que boa parte das matas são advindas do abandono das terras e da regeneração das matas. O processo de reintensificação agrícola não pode ser interpretado sem considerar a dinâmica geopolítica regional, ou até mesmo global, e pode estar associado a diferentes fatores geohistóricos, discussão que foge do escopo do presente estudo.

Chama a atenção o fato de que a cultura do café, clássica na Zona da Mata (Valverde, 1958; Santos, Carneiro & Horta, 2016), não ser praticada na bacia, mesmo havendo forte aptidão agrícola para a mesma. De fato, a cultura não é significativa, até mesmo na bacia do ribeirão do Melo (Leite et al., 2007), apesar de ocorrer na parte alta da bacia, e distribuir-se, de forma generalizada, nos municípios vizinhos a Sul, Sudeste e Nordeste, em direção ao interior da Zona da Mata. Cana, milho e feijão são as culturas predominantes em detrimento do café. Milho e feijão são utilizados na alimentação, enquanto a cana se presta à produção comercial de cachaça e outros derivados. A substituição do café por essas culturas pode estar relacionada à influência da estrada real na localidade, que permaneceu, culturalmente, como área de produção de alimentos para as comunidades mineradoras na região do quadrilátero ferrífero durante a exploração nos séculos XVIII e XIX (Carneiro, 2008), ao invés de seguir a influência do ciclo do café na Zona da Mata (Valverde, 1958; Santos, Carneiro & Horta, 2016). Na realidade, os padrões de uso da terra e comércio agrícola, ainda vigentes, diferem muito pouco da estrutura socioeconômica encontrada no processo de ocupação da área, ainda no século XVIII, conforme apresentada por Carneiro (2008).

De forma geral, GEP e QGIS mostraram ser ferramentas poderosas na avaliação do uso/cobertura da terra, permitindo uma análise crítica e precisa da dinâmica agroambiental da bacia. QGIS e GEP apresentam funções complementares que permitem executar análises conjuntas rapidamente, devido à grande interatividade entre os dois *softwares*. O GEP é um *software* leve que se presta à aquisição de dados, à avaliação visual, ao cálculo de distâncias e ao cálculo de áreas e análises temporais e espaciais, em modelos tridimensionais realçáveis em diferentes escalas verticais, mas está limitado a essas funções. Dessa forma, torna-se especialmente útil em avaliações visuais pré e pós-processamento de dados, estudos de campo e para outros fins que envolvam a ecologia da paisagem, em algum nível. O QGIS apresenta os recursos mais sofisticados necessários para a vetorização e edição dos mapas de forma adequada. Além disso, o contínuo desenvolvimento de *plugins* que permitem praticamente todo tipo de análise torna o QGIS um *software* adaptável às necessidades de qualquer usuário de SIG (Guimarães, Pimenta & Landau, 2012). Ambos os *softwares* são capazes de fornecer representações gráficas adequadas para os fins propostos, mas o QGIS apresenta recursos mais avançados na apresentação de mapas temáticos

(Figuras 1, 3 e 4) comparado ao gerador de mapas do GEP (Figuras 6 e 7).

Este estudo não objetivou apresentar um manual de utilização dos recursos disponíveis nos *softwares* e *plugins* citados, mas tutoriais, exemplos, funcionalidades e discussões sobre a utilização dessas geotecnologias que estão disponíveis gratuitamente em diversos sítios da internet, como em *QGIS Development Team* (2018), Google (2018) e Medeiros (2018).

Conclusão

A utilização integrada dos *softwares* QGIS e GEP é simples e permite mapear, monitorar e analisar, geograficamente, o uso/cobertura da terra de forma detalhada e precisa.

Na análise do uso/cobertura da terra, o QGIS é ideal para avaliar os dados previamente adquiridos, mapeamento e composição dos mapas temáticos. O GEP se presta à aquisição de dados, análises visuais e medições simples em diferentes perspectivas temporais e espaciais, além da composição de mapas simples, sendo limitado a essas funções. Essas características tornam os dois *softwares* complementares.

A metodologia apresentada é útil na análise de pequenas áreas, mas os *softwares* apresentados também possuem ampla aplicação em estudos de grandes áreas. Os padrões visuais descritos para os dados do GEP podem ser utilizados em mapeamentos de outras áreas.

Há uma dinâmica agroambiental complexa na BD. Os usos/coberturas possuem uma distribuição espacial influenciada pelas interações pedogeomorfológicas do local, e a má utilização da terra tem gerado impactos ambientais graves. As terras são ocupadas de forma generalizada por vegetação nativa e pastagens para bovinocultura, que se apresentam degradadas nas regiões elevadas e declivosas, e mais conservadas nas regiões de pequena altimetria e declividade, onde também estão concentradas a moradia e a agricultura. A agricultura é tipicamente familiar e minifundiária, sendo constituída de cana para produção comercial de cachaça e outros derivados (ampla distribuição espacial), além de milho, feijão e diversas olerícolas utilizadas na alimentação dos moradores, padrão que permanece inalterado desde a ocupação da área, no século XVIII.

Há um processo recente de reintensificação do uso da terra para fins agrícolas na localidade, mas os fatores associados a esse processo não puderam ser identificados e carecem de estudos mais específicos, que abordem a problemática sobre uma ótica geohistórica e geopolítica.

Referências

- BRUNO, L. O. 2017. GRASS: A free and open source solution for hydrographic body analysis. *Nativa*, v. 5, n. 1, p. 24-30.
- CARDOSO, J.; AQUINO, C. 2014. Mapeamento atual do uso e cobertura das terras da sub-bacia do riacho do Roncador em Timon (MA) utilizando imagens do Google Earth. *OKARA: Geografia em Debate*, v. 8, n. 2, p. 328-343.
- CARNEIRO, P. A. S. 2008. Conquista e povoamento de uma fronteira: a formação regional da Zona da Mata no Leste da Capitania de Minas Gerais, 1694-1835. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil. 278p.
- COSTA, P. H.; NUCCI, J. C.; VALASKI, S. 2015. A cobertura da terra e a qualidade ambiental urbana do bairro Alto (Curitiba-PR). *Periódico Técnico e Científico Cidades Verdes*, v. 3, n. 8, p. 121-137.
- FERREIRA, A.; GRIFO, A. R. 2017. Google Earth versus GPS: variação de coordenadas. *Revista da UIIPS*, v. 5, n. 2, p. 99-100.
- FLEISS J. L. 1981. *Statistical methods for rates and proportions*. John Wiley, New York. 336p.
- FOLEY, J. A.; DEFRIES. R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. T.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. CO.; RAMAKUTTY, N.; SNYDER, P. K. 2005. Global consequences of land use. *Science*, v. 309, n. 5734, p. 570-574.
- GHORBANI, A.; PAKRAVAN, M. 2013. Land use mapping using visual vs. digital image interpretation of TM and Google earth derived imagery in Shrivan-Darasi watershed (Northwest of Iran). *European Journal of Experimental Biology*, v. 3, n. 1, p. 576-582.
- GOOGLE. Torne-se um especialista no mapeamento do Google: Comece a fazer seu mapa com o Google Earth e o Google Maps com estes tutoriais passo a passo. Disponível em: <https://www.google.com/intl/ptBR/earth/outreach/tutorials/index.html#earth>. Acesso em: 27 jan. 2018.
- GUIMARÃES, D. P.; PIMENTA, F. M.; LANDAU, E. C. 2012. Integração Google Earth-SIG-Servidor de Mapas e o Monitoramento Ambiental. *Circular Técnica*. Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, n. 183, p. 1-20. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/79549/1/circ-183.pdf>.
- HU, Q.; WU, W.; XIA, T.; YU, Q.; YANG, P.; LI, Z.; SONG, Q. 2013. Exploring the use of Google Earth imagery and object-based methods in land use/cover mapping. *Remote Sensing*, v. 5, n. 11, p. 6026-6042.
- IBGE. 2013. *Manual Técnico de Uso da Terra*. IBGE, Terceira Edição, Rio de Janeiro. 278p.
- JACOBSON, A.; DHANOTA, J.; GODFREY, J.; JACOBSON, H.; ROSSMAN, Z.; STANISH, A.; WALKER, H.; RIGGIO, J. 2015. A novel approach to mapping land conversion using Google Earth with an application to East Africa. *Environmental Modelling & Software*, v. 72, p. 1-9.
- JENSEN, J. R. 2009. *Remote sensing of the environment: An earth resource perspective*. Pearson Education India, Second Edition. 204p.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, pp. 159-174.
- LEITE, M. G. P.; FUJACO, M. A. G.; BARCELOS, E. A. S.; GONÇALVES, G. H. T.; IGREJA, F. F. 2007. Environmental analysis of small rural catchments case study: Melo Creek-MG/Brazil. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, v. 18, n. 6, p. 711-722.
- LORERA, E. M. G.; BEZERRA, A. P. X. G.; SANTOS, I. G. S.; MEDEIROS, R. M.; ROLIM NETO, F. C. R.; HOLANDA, R. M. 2018. Cálculo da evolução temporal de área degradada às margens do rio Tapacurá na Zona da Mata de Pernambuco, Brasil. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 3, n. 1, p. 173-180.
- MATIAS, L.; SILVA, M. D. 2017. Monitoramento e análise da vegetação de manguezal no litoral sul de Alagoas. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, v. 2, n. 3, p. 312-319.
- MEDEIROS, A. Anderson Medeiros consultor em geotecnologias. Disponível em: <http://www.andersonmedeiros.com>. Acesso em: 27 jan. 2018.

- NANNI, A.; BARROS, S. D.; DESCOVI FILHO, L.; SOUZA, M. S.; PEREIRA FILHO, N. S.; GOVEIA, S. S. 2017. QGIS User Guide, Versão 2.18. 473p. Disponível em: https://docs.qgis.org/2.18/pdf/pt_BR/QGIS-2.18-UserGuide-pt_BR.pdf. Acesso em: 15 dez. 2017.
- PARENTE, L.; FERREIRA, L.; FARIA, A.; NOGUEIRA, S.; ARAÚJO, F.; TEIXEIRA, L.; HAGEN, S. 2017. Monitoring the Brazilian pasturelands: A new mapping approach based on the Landsat 8 spectral and temporal domains. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, v. 62, p. 135-143.
- PEREIRA, L. F.; CALEGARIO, A. T.; PEREIRA, S. B. ARAÚJO, U. L.; SILVA, L. N. O.; FERNANDES FILHO, E. I. 2017. Caracterização e mapeamento da degradação e intensidade de uso da terra exercida por pastagens. *Anais do IV Simpósio Mineiro de Ciência do Solo*, Viçosa, MG, Brasil, GEFERT. pp. 426-428.
- PEREIRA, L. F.; GUIMARÃES, R. M. F.; OLIVEIRA, R. R. M. 2018. Mapa de uso/cobertura da terra em escala ultradetalhada para a bacia do córrego Dornelas, Zona da Mata, Minas Gerais – Brasil. Doi: 10.13140/RG.2.2.33406.48963.
- PIMENTA, E. C. 2010. Fatores condicionantes da distribuição do planorbídeo *Biomphalaria* sp. Bacia do ribeirão do Melo, MG. Dissertação de Mestrado, Universidade de Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil. 153p.
- PIRES, T. B.; PEREIRA, T. H. A. A.; PIPETONE, M. A. P. 2016. O Uso do Google Earth e a apresentação de imagens tridimensionais como ferramentas complementares para a educação ambiental. *Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais*, v. 7, n. 13, p. 112-122.
- QGIS DEVELOPMENT TEAM. Comece a usar o QGIS. Disponível em: https://www.qgis.org/pt_BR/site/forusers/index.html. Acesso em: 27 jan. 2018
- RIBON, R.; SIMON, J. E.; MATTOS, G. T. 2003. Bird extinctions in Atlantic forest fragments of the Viçosa region, southeastern Brazil. *Conservation Biology*, v. 17, n. 6, p. 1827-1839.
- RODRIGUES, F.; ZAINE, J. E. 2015. Geração de imagens estereoscópicas a partir de Produtos do Google Earth com Aplicações no Mapeamento Geotécnico e Geoambiental. *Anais do 15º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental*, Bento Gonçalves, RS, Brasil, ABGE. pp. 1-10.
- SANTOS, V. V.; CARNEIRO, P. A. S.; HORTA, C. A. 2016. A Ocupação Do Sertão De Leste Nas Minas Gerais Do Século XIX: Uma Investigação Geo-Histórica. *Revista Geografias*, v. especial, p. 151-174.
- SCHAEFER, C. E. G. R. 2013. Bases físicas da paisagem brasileira: estrutura geológica, relevo e solos. *Tópicos em ciência do solo*. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 8, n. 1, p. 1-69.
- SIEGEL S.; CASTELLAN N. 1988. *Nonparametric Statistics for the Behavioral Sciences*. McGraw Hill, Second Edition, New York. 339p.
- SOUSA, L. M. S.; ALBUQUERQUE, E. L. S. 2017. Google Earth e ensino de cartografia: um olhar para as novas geotecnologias na Escola Santo Afonso Rodriguez, município de Teresina, estado do Piauí. *Geosaberes: Revista de Estudos Geoeducacionais*, v. 8, n. 15, p. 94-104.
- SZTUTMAN, P. 2014. Análise da qualidade posicional das bases do Google Maps, Bing Maps e da Esri para referência espacial em projetos em SIG: aplicação para o município de São Paulo. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 182p.
- VALVERDE, O. 1958. Estudo regional da zona da mata de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia*, v. 20, n. 1, p. 1-82.