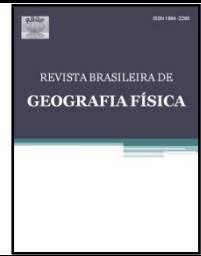




Revista Brasileira de Geografia Física



Homepage: www.ufpe.br/rbgfe

Geoprocessamento aplicado ao levantamento e avaliação de solos: Proposta de avaliação de terras para fins agrícolas no Município de Inconfidentes – MG

Rafael Lacerda Cobra¹; Rita de Cássia da Silva²; George Fernando Alex Dias de Oliveira³; Daniela Lopes de Miranda³; Fernanda Aparecida Leonardi⁴; Márcio Luiz da Silva⁵

¹ Graduado em Gestão Ambiental. Especialista em Gestão Ambiental. Mestre em Tecnologias para o Desenvolvimento Sustentável – UFSJ. Doutorando em Engenharia Agrícola – UNICAMP. ² Graduada em Gestão Ambiental - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus* Inconfidentes. ³ Graduando(a) em Gestão Ambiental - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus* Inconfidentes. ⁴ Doutora em Geografia – UNICAMP. Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus* Inconfidentes. ⁵ Doutor em Geologia – UNICAMP. Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, *Campus* Inconfidentes. E-mail para correspondência: marcegeo10@yahoo.com.br.

Artigo recebido em 28/06/2018 e aceito em 14/12/2018

RESUMO

A crescente demanda por alimentos, fibras e energia proveniente da produção agrícola requer o uso eficiente das terras e conservação do solo e água para o aumento ou manutenção da produtividade das culturas. O planejamento do uso da terra é essencial para a gestão destes recursos naturais e redução de impactos ambientais negativos. A avaliação da aptidão agrícola é uma ferramenta de planejamento muito eficaz em bacias hidrográficas, municípios e regiões. A aplicação dessa metodologia depende de dados climáticos, relevo e levantamento pedológico que são interpretados quanto à deficiência de fertilidade, de água, de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização para a avaliação, além de três níveis de manejo do solo. Nesse sentido, esse trabalho objetivou avaliar a aptidão agrícola das terras para o Município de Inconfidentes-MG. As operações foram realizadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG) com o software IDRISI e planilhas de classificação da aptidão (Excel®). A aptidão foi avaliada com base em dados de levantamento pedológico (mapeamento e análises de solo) e clinográfico do município. Em Inconfidentes ocorre o predomínio de relevo acidentado e solos com sérias restrições para uso agrícola. A qualidade dos solos com limitações químicas, físicas, pouca profundidade e situados em relevos mais acidentados determinaram o predomínio da aptidão agrícola regular para lavouras no nível de manejo C, restrito nos níveis A e B e boa para pastagem plantada. Palavras-chave: Clinografia, levantamento pedológico, atributos físicos e químicos do solo, aptidão agrícola.

Geoprocessing applied to survey and evaluation of soils: proposal for the evaluation of land for agricultural purposes in the City of Inconfidentes – MG

ABSTRACT

The increasing demand for food, fiber and energy from agricultural production requires the efficient use of land and soil and water conservation to increase or maintain crop productivity. The planning of land use is essential for managing these natural resources and reducing negative environmental impacts. The evaluation of agricultural aptitude is a very effective planning tool in hydrographic basin, municipalities and regions. The application of this methodology depends on climatic data, relief and pedological surveys that are interpreted regarding the deficiency of fertility, water, oxygen, susceptibility to erosion and impediments to mechanization for evaluation, as well as three levels of soil management. In this sense, this work aimed to evaluate the agricultural suitability of the land for the Municipality of Inconfidentes, Minas Gerais State. The operations were carried out in a Geographic Information System (GIS) environment with IDRISI software and Excel spreadsheets. The aptitude was evaluated based on pedological survey (mapping and soil analysis) and clinographic data of the municipality. In Inconfidentes occurs the predominance of rugged relief and soils with serious restrictions for agricultural use. The quality of the soils with chemical, physical, shallower and shorter slopes determined the predominance of regular agricultural aptitude for crops at management level C, restricted at levels A and B and good for planted pasture.

Keywords: Clinography, pedological survey, soil physical and chemical attributes, agricultural aptitude

Introdução

As atividades antrópicas impactam os recursos naturais de forma desenfreada, especialmente devido ao crescimento populacional em massa, intensificando tanto o uso da terra quanto a demanda por produtos, bens e serviços. Estima-se que em 2050 a população mundial será de 9 bilhões e que áreas com menor potencial produtivo passarão a ser utilizadas para a agricultura (Bonfante et al., 2015). Dessa maneira, com o aumento da produção as atividades agropecuárias potencializam de modo particular seus impactos sobre o solo, água e ar, sendo este primeiro o mais afetado. Isto ocorre principalmente devido à perda de solo por erosão, compactação, contaminação por metais pesados e fertilizantes, emissão de gases, particulados e poluentes, dentre outros. Contudo, o setor agropecuário constitui uma importante fonte de renda e emprego para o país.

O uso do solo para agricultura se confunde com a própria história da humanidade. Foi a partir do início do cultivo da terra que o homem deixou de ser nômade, buscando aprimorar técnicas agrícolas, garantindo seu sustento sem precisar se deslocar por longas distâncias. Desde a antiguidade os diferentes tipos de solo são largamente utilizados para o cultivo, porém, este recurso pode ser considerado um recurso não renovável, visto que sua formação é lenta e o depauperamento da qualidade da terra é acelerada (Stockmann et al., 2014) e por isso seu uso deve ser conservacionista.

As práticas de queima de restos culturais, o preparo e adubação excessiva do solo, a erosão e a ausência de rotação de culturas impactam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Estes impactos muitas vezes impõem restrições ao desenvolvimento de determinadas culturas. Entre os fatores que restringem as atividades agropecuárias pode-se citar, por exemplo, a declividade, os atributos químicos do solo, a profundidade, a disponibilidade hídrica, a orientação das vertentes e a altitude (Akinci et al., 2013), juntamente com fatores geoambientais (Elsheikh et al., 2013) e fatores indiretos, como aqueles decorrentes de mudanças climáticas (Bonfante et al., 2015).

O grande número de informações georreferenciadas, quando de boa qualidade e muitas vezes gratuita, permite que os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) façam a espacialização destas informações, além de gerar produtos que subsidiam o planejamento e a tomada de decisão (Junior et al., 2013; Zanella et al., 2013; Cessa et al., 2014; Angelo e Morais, 2017;

Machado et al., 2017). Com o SIG é possível fazer análises complexas, integrar dados de diversas fontes, criar banco de dados georreferenciados e automatizar a produção de mapas (Elsheikh et al., 2013; Leite e Ferreira, 2013; Silveira et al., 2013; Nunes e Roig, 2015; Poelking et al., 2015; Silva et al., 2015; Silveira et al., 2015; Souza, 2015; Souza e Silva, 2016).

O uso de SIG e informações georreferenciadas são fundamentais para avaliação de terras para fins agrícolas, em que o levantamento pedológico torna-se base para essa avaliação. Desta forma o SIG concede uma avaliação mais rápida e menos subjetiva, possibilitando o cruzamento de diferentes planos de informações para geração de mapas valiosos na avaliação de terras (Filho et al., 2013; Francisco et al., 2015; Silva et al., 2015; Filho et al., 2016; Silva, 2016). Destarte, é possível afirmar que o planejamento evoluiu acompanhado pelo aumento da acessibilidade da tecnologia de SIG.

Nesse contexto, a descrição do *solum*, que é representado pelos horizontes A, E e B (Santos et al., 2015) oferece subsídios para a avaliação da terra quanto ao grau de utilização e a vocação agrícola a partir de características complementares já citadas anteriormente como relevo, pedregosidade, dentre outros. O planejamento do uso das terras necessita da avaliação do seu potencial considerando as condições locais (Filho et al., 2016) e muitas vezes as condições futuras, relacionando alterações em caso de mudanças do regime hídrico e térmico (Bonfante et al., 2015). Enquanto isso as atividades produtivas realizadas desconsiderando a aptidão das terras podem gerar impactos negativos aos recursos naturais decorrentes do mau uso. Nesse sentido, visando à elaboração dessa avaliação a FAO (Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura) criou a metodologia de avaliação da aptidão agrícola de terras, que considera os diferentes níveis tecnológicos e traz opções de usos, sem perder de vista a conservação do solo (Akinci et al., 2013). Para sua aplicação no território brasileiro, a referida metodologia foi melhorada com modificações e complementações importantes (Ramalho Filho e Beek, 1995), possibilitando sua utilização para planejamento e avaliação das terras (Araújo et al., 2013; Bragatto et al., 2013; Delarmelinda et al., 2014; Souza et al., 2014; Wadt et al., 2014; Vale et al., 2016), mesmo em áreas de restrições ambientais no semiárido (Filho et al., 2016).

Dado o exposto, a avaliação de aptidão agrícola pode ser considerada um pré-requisito para o ordenamento do território e não há um

número mínimo de critérios a serem considerados para a avaliação das terras, sendo os mais utilizados aqueles mais acessíveis, tais como os critérios topográficos e pedológicos (Akıncı et al., 2013).

O método da aptidão agrícola utiliza de informações a cerca da deficiência de fertilidade, água, oxigênio, susceptibilidade à erosão e impedimentos a mecanização que podem ser obtidas de características inerentes ao solo, tais como textura, profundidade efetiva, capacidade de troca de cátions, saturação por alumínio, topografia, dentre outras (Ramalho Filho e Beek, 1995). Também considera os níveis de manejo com os quais se pretende superar as limitações da terra, em primitivo (A), pouco desenvolvido (B) e desenvolvido (C) (Ramalho Filho e Beek, 1995). Esta avaliação pode ser feita na unidade de terra, sendo obtida a partir da intersecção dos mapas de declividade e pedológico.

No Município de Inconfidentes – MG, área objeto dessa pesquisa, a ocorrência de formações geológicas resultantes de dobramentos antigos ocorridos no Brasil se encontra na maior parte do município e as principais formações são de complexos granitóides, graníticos-gnáissicos, sequências vulcanossedimentares e depósitos fluviais ou flúvio-lacustres (Souza e Silva, 2016). As ordens de solos com maior representação são representadas pelos gleissolos, cambissolos e latossolos (Souza e Silva, 2016). As unidades geomorfológicas do município são representadas, sobretudo, por relevo constituído pelas feições de mares de morros, com vertentes côncavas e vales encaixados, interceptados por planícies fluviais (Souza e Silva, 2016).

A presença de diferentes ordens de solos e unidades de relevo sugere a existências de diferentes classes de aptidão agrícola das terras no Município de Inconfidentes – MG. Este município, onde as atividades agropecuárias têm grande importância fica susceptível a ocorrência de impactos negativos sobre os recursos naturais. Entretanto, a avaliação da aptidão agrícola das terras ainda não foi realizada dentro do perímetro municipal. Nesse sentido, é urgente e essencial para o planejamento do uso dos recursos naturais do referido município a existência de mapas de aptidão agrícola das terras, propiciando a identificação dos usos conflitantes locais. Assim, o objetivo desse artigo foi o de avaliar a aptidão agrícola das terras para o Município de Inconfidentes, localizado na região sul do Estado de Minas Gerais.

Material e métodos

Área de estudo

O Município de Inconfidentes, localizado no sul do Estado de Minas Gerais (Figura 1), possui uma altitude média de 869 metros e clima tropical de altitude, abrangendo uma área de 149 quilômetros quadrados. As áreas de maiores altimetrias do município encontram-se nas nascentes do Córrego Boa Aventura, na Serra da Torre (limite com o Município de Bueno Brandão - MG), ao sul do território municipal, com altitude média de 1.517 metros e na Serra das Posses, a sudeste, na divisa com o Município de Borda da Mata - MG, com 1.465 metros de altitude. A porção norte apresenta altitudes menores, com média de 1.200 metros, na Serra da Peroba, limite com o Município de Ouro Fino - MG.

A geologia do município (Figura 1) possui litologias com idades Neoproterozóicas, Paleoproterozóicas, Neoarqueanas e Cenozóicas (Souza e Silva, 2016). A maior parte do território municipal se encontra em formações geológicas resultantes de dobramentos antigos ocorridos no Brasil. As principais formações são os complexos granitóides, graníticos-gnáissicos, sequências vulcanossedimentares e depósitos fluviais ou flúvio-lacustres. A composição e estruturas das rochas dessas formações, além de influenciar na velocidade e intensidade do intemperismo, imprimem características físico-químicas peculiares nos solos oriundos dessas unidades geológicas.

A maior porção do Município de Inconfidentes se encontra nas unidades geomorfológicas de serras (Figura 2), representada pelas Serras da Mantiqueira/Itatiaia. Destaca-se também o Planalto Poços de Caldas e a Planície do Rio Mogi no quadro geomorfológico de Inconfidentes – MG (Souza e Silva, 2016). O Município está inserido, em sua maior parte, numa geomorfologia regional representada por um recorte da Serra da Mantiqueira (Figura 2), a qual apresenta relevo de morros, que se distribui de forma generalizada e homogêneo por toda a província da Mantiqueira, predominando amplitudes locais de 100 a 300 metros e encosta superiores a 15% de declividades (Silva et al., 2015; Silva e Silva, 2016).

Dotado de vegetação original pertencente ao bioma Mata Atlântica, Inconfidentes possui uma ampla e diversificada rede de drenagem, com inúmeras nascentes que deságuam no Rio Mogi Guaçu, principal canal fluvial municipal.

A economia é basicamente direcionada para o turismo de compras, indústria têxtil (malharias) e para a agropecuária, destacando-se a

produção de café, alho, leite, milho, bucha vegetal, banana e feijão (Silva et al., 2015).

A escolha do local de estudo se deu pela extensa ocorrência de atividades agropecuárias no

município e pela falta de trabalhos que avaliem a aptidão agrícola das terras para a região.

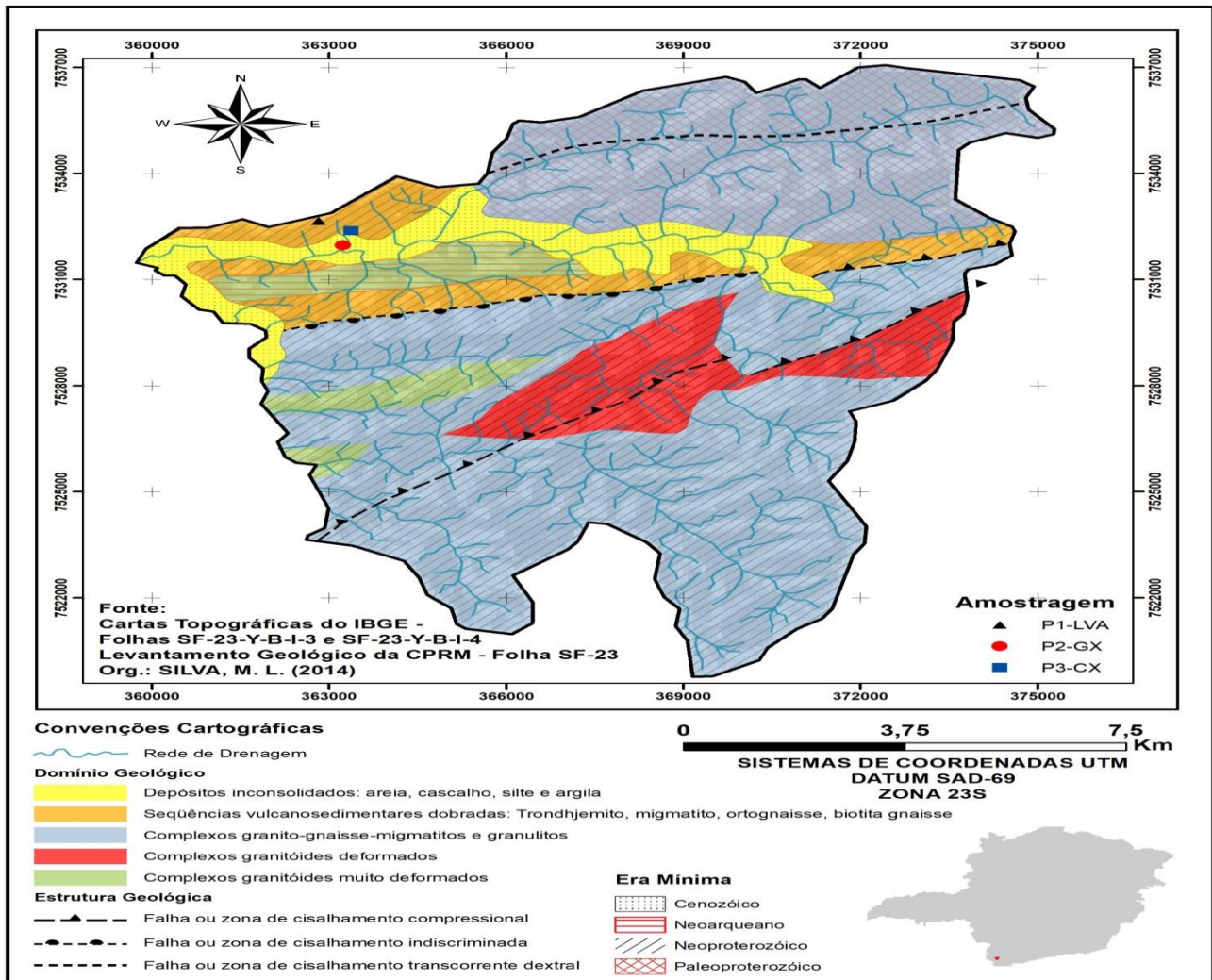


Figura 1. Mapa de localização e da geologia regional do Município de Inconfidentes – MG.

Aquisição e tratamento de dados

A delimitação da rede de drenagem e do limite municipal foi obtida através das cartas topográficas digitais adquiridas do IBGE, referente aos municípios de Ouro Fino - MG (Folha SF-23-Y-B-I-3) e de Borda da Mata - MG (Folha SF-23-Y-B-I-4), ambas com escala de 1:50.000 e elaboradas em 1972.

Os dados referentes à geração do relevo sombreado, hipsometria e declividade foram extraídos a partir de imagem SRTM (Folha SF-23-Y-B) adquirida através do banco de dados da Embrapa em 2013. As classes de declividade foram realizadas segundo proposta sugerida por Santos et al. 2015.

O mapa pedológico e as respectivas análises química e granulométrica dos horizontes de solos foram obtidos a partir de Souza e Silva (2016). Foram utilizados os seguintes atributos do solo: alumínio trocável (Al^{3+}); soma de bases (SB); capacidade de troca de cátions (CTC); saturação por bases (V%); saturação por alumínio (m%) e análise granulométrica (argila, silte e areia). Essas informações foram interpretadas e constituíram parte dos dados utilizados na elaboração do sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho e Beek, 1995).

Dessa forma, o mapa de avaliação de aptidão agrícola foi elaborado a partir da integração do mapa clinográfico e pedológico com as informações referentes às análises química e granulométrica dos horizontes dos perfis.

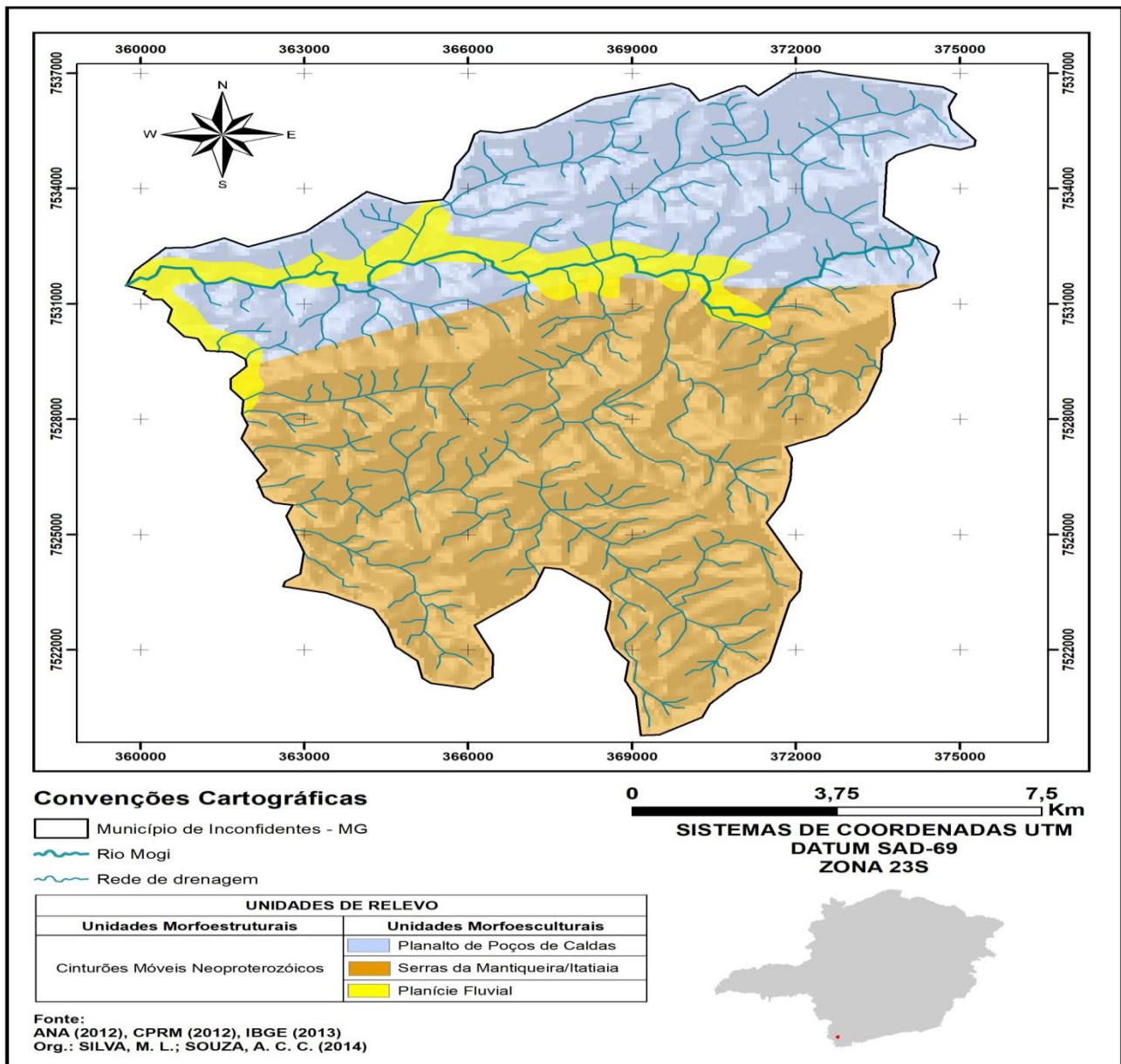


Figura 2. Mapa da geomorfologia regional do Município de Inconfidentes-MG, com as principais unidades morfoestruturais e morfoesculturais.

Avaliação da aptidão agrícola

Os dados foram tratados em ambiente de SIG com o auxílio do Idrisi. Determinaram-se as unidades de terra a partir da integração do mapa clinográfico e do mapa pedológico (extensão *Crosstab*), o clima foi considerado homogêneo. Houve a geração de uma planilha em Excel® com as unidades de terra, em seguida, realizou-se a classificação destas unidades a partir do método da aptidão agrícola (Ramalho Filho e Beek, 1995), considerando a generalização das informações das ordens de solos e as interpretações das análises dos perfis.

A avaliação da aptidão agrícola se baseia na organização das informações em grupos,

subgrupos e por fim nas classes de aptidão agrícola. Os grupos são representados por algarismos de 1 a 6, sendo 1, 2 e 3 identificados para lavoura (melhores classes de aptidão conforme nível de manejo), 4, 5 e 6 são identificados para pastagem plantada, para silvicultura e sem aptidão agrícola ou destinado para a conservação da fauna e flora. Foi possível realizar a classificação da aptidão a partir das informações da planilha com as unidades de terra correspondentes às cinco qualidades básicas da terra (deficiência de fertilidade, de água, de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização) (Ramalho Filho e Beek, 1995).

Segundo esta metodologia a aptidão agrícola deve considerar o nível de manejo com o objetivo de avaliar o comportamento das terras em diferentes níveis tecnológicos (Tabela 1). Nível de manejo A (primitivo) diz respeito a práticas que refletem um baixo nível tecnológico, nível B (pouco desenvolvido) um nível tecnológico médio e C (desenvolvido) o mais alto nível tecnológico utilizado para manejo, melhoramento e conservação das terras e lavouras. Tal metodologia também indica a viabilidade de melhoramento das

condições agrícolas das terras nos níveis de manejo B e C, expressos em algarismos sublinhados. Classe 1 indica melhoramento viável com práticas simples e pequeno emprego de capital. Classe 2 indica melhoramento com práticas mais intensivas e sofisticadas, além de considerável emprego de capital. Já a classe 3, não utilizada neste trabalho para a fazer a avaliação, são aplicadas a projetos de larga escala e políticas públicas. A classe 4 diz respeito a ausência de viabilidade técnica ou econômica de melhoramento.

Tabela 1. Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.

Classe de aptidão agrícola	Tipos de uso					
	Lavoura			Pastagem plantada	Silvicultura	
	Nível de manejo			Nível de manejo B	Nível de manejo B	
	A	B	C			
Boa	A	B	C	P	S	
Regular	a	b	c	p	S	
Restrita	(a)	(b)	(c)	(p)	(s)	
Inapta	-	-	-	-	-	

Fonte: adaptado de Ramalho Filho e Beek (1995).

Após a avaliação da aptidão, a partir da extensão *Edit* e *Assign* do Idrisi, as unidades de terra foram nomeadas segundo suas respectivas classes, caracterizando o mapa de aptidão agrícola das terras. As classes de aptidão foram representadas com a simbologia apresentada na tabela 1.

Resultados e discussão

Mapeamento clinográfico

Segundo a tradicional classificação das feições geomorfológicas a partir da declividade, sobretudo para fins de mapeamento pedológico, pode-se dividir o relevo em plano (<3%), suave ondulado (3-8%), ondulado (8-20%), forte ondulado (20-45%), montanhoso (45-75%) e escarpado (>75%) (Santos et al., 2005). O relevo plano, suave ondulado, moderadamente ondulado, ondulado e forte ondulado ocorrem em Inconfidentes, com maior expressividade geográfica do plano ao forte ondulado (Souza e Silva, 2016), visto que o relevo montanhoso aparece em somente 2,3% do município (Figura 3).

Mapeamento pedológico

Os solos com maior representatividade no município correspondem à ordem do Latossolo vermelho-amarelo (LVA), Cambissolo (CX) e Gleissolo (GX) (Figura 4). Essas classes foram descritas ao longo de uma vertente, na posição de topo, membro e sopé.

Essa classificação prévia realizada em campo permitiu determinar o primeiro nível categórico (ordem) dos solos, segundo a metodologia preconizada pela Embrapa, 2013 e por Santos et al. 2015. Os outros níveis categóricos até o quarto (Subordem, Grande Grupo e Subgrupo) foram estabelecidos a partir da metodologia proposta pela Embrapa 2013, após os resultados das análises físico-químicas. Dessa forma, segundo o SiBCS (EMBRAPA, 2013), as classes de maior ocorrência compreendem o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico, o Cambissolo Háptico Ta Eutrófico típico e o Gleissolo Háptico Ta Distrófico típico (Figura 4).

O mapa final da classificação de solos do município (Figura 5) foi resultado da interação entre a declividade, a altimetria, a rede hidrográfica e, indiretamente, a geologia. A generalização e a classificação até o quarto nível categórico se deram a partir dos três perfis estudados em maior profundidade, em campo e através de análises físico-químicas.

Classes de aptidão agrícola

Interpretando os dados dos atributos químicos e granulométricos dos solos obtidos do trabalho de Souza e Silva, 2016, considerou-se que os Latossolos são distróficos e profundos, além de apresentarem boa permeabilidade e aeração, são de textura argilosa, possuem baixa fertilidade natural e toxicidade por Al³⁺, sendo estes últimos limitantes para o seu uso sem o emprego de fertilizantes e

corretivos. Os Gleissolos são distróficos possuem elevada saturação por alumínio, baixa saturação por bases e baixa permeabilidade, em geral ocorrem em porções do relevo com o lençol freático pouco profundo e podem apresentar alta toxicidade de Fe e Mn, sendo exigidos trabalhos intensivos de drenagem para remover o excesso de água (IBGE, 2013, 2015). Os Cambissolos são eutróficos, possuem regular permeabilidade e retenção de água, apresentam associação ou inclusão de Neossolos Litólicos ou de solos com Bt, podendo apresentar elevada erodibilidade, forte limitação à trafegabilidade e limitações ao uso pastoril e florestal (EMBRAPA, 2013; IBGE, 2013, 2015).

A partir da interpretação dos atributos químicos e físicos dos solos (Tabela 2), realizou-se a avaliação referente às unidades de terra (solo x declividade) para a deficiência de fertilidade, de água, de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização nos níveis de manejo primitivo – A, pouco desenvolvido – B e

desenvolvido – C. Esses níveis estão sintetizados na tabela 3.

Para a avaliação do grau de limitação por deficiência de fertilidade utilizou-se das características químicas do solo e desconsiderou-se a declividade, visto que essa limitação pode ser reduzida a partir de alterações imposta pelo nível de manejo. O grau de limitação por deficiência de água e oxigênio foi influenciado pela declividade e nível de manejo. O grau de limitação por suscetibilidade à erosão foi fortemente influenciado pela declividade, contudo nos Cambissolos com associação ou inclusão de solos com o Bt, houve maior limitação mesmo na declividade de 0-3%, devido à presença de gradiente textural abrupto. O grau de limitação por impedimentos à mecanização foi exclusivamente influenciado pela declividade, exceto para os Gleissolos, que também foram influenciados pela baixa drenagem em declividade inferiores a 8%, e para Cambissolos devido sua pequena profundidade e pela associação ou inclusão de Neossolos Litólicos.

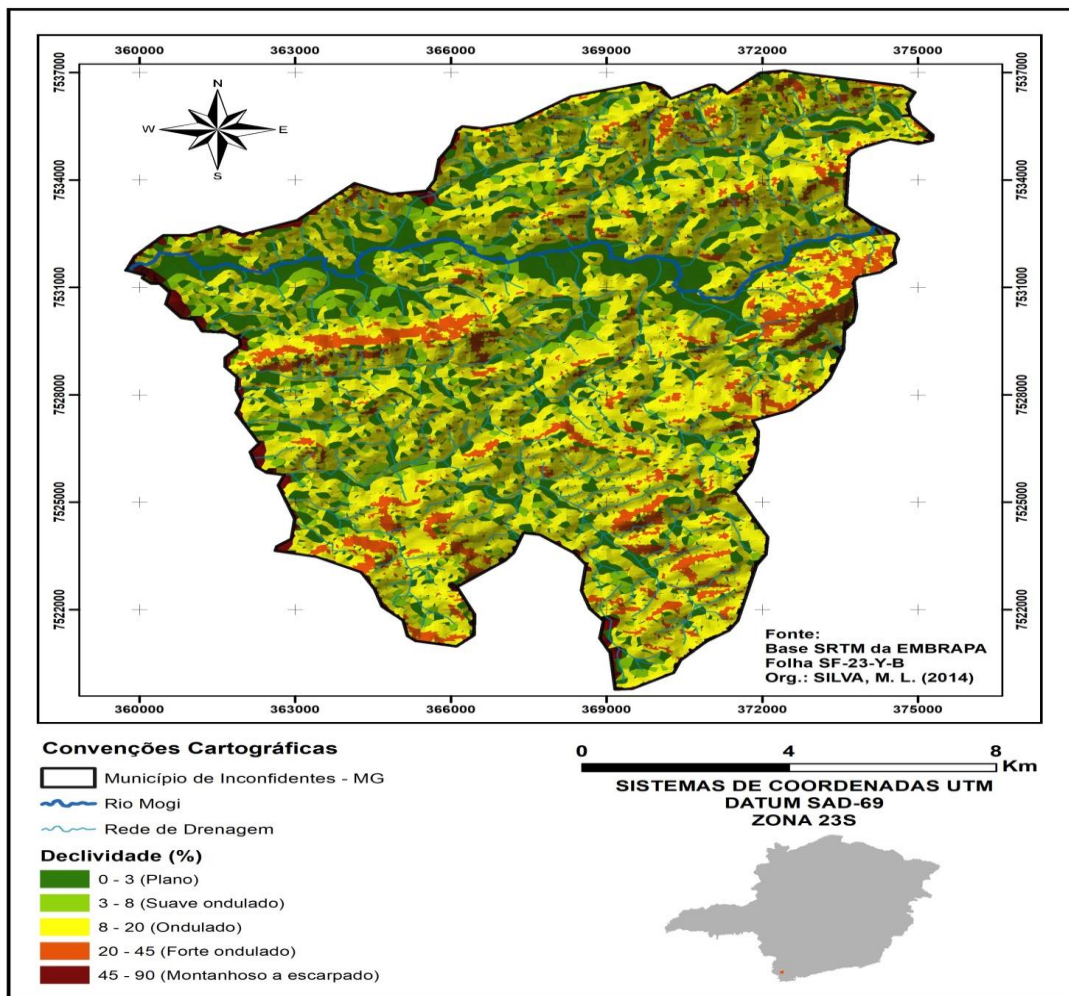


Figura 3. Mapa clinográfico do Município de Inconfidentes-MG, com as principais classes de declividades.

Tabela 2. Atributos químicos e físicos de três ordens de solo no Município de Inconfidentes - MG

Solo	Hz	Atributos químicos					Granulometria			
		H+Al	Al ³⁺ Cmol/dm ⁻³	SB	CTC	V%	m%	Argila	Silte	Areia
LVAd	A	1,56	0	3,18	4,73	67,14	0	52	29	19
	AB	3,61	0	3,18	6,79	46,81	0	49,5	31,3	19,2
	BA	2,42	0	1,57	3,99	39,36	0	54,5	29	16,5
	Bw1	2	0	0,37	2,38	15,76	0	56	25	19
	Bw2	1,61	0	0,16	1,77	9,13	0	44	41,8	14,2
GXd	Ag	6,24	1	2,04	8,28	24,63	32,9	36	58,1	5,9
	ABg	5,68	1,4	0,64	6,32	10,15	68,6	24	59,3	16,7
	Bg	8,04	1,7	2,02	10,06	20,1	45,7	38,5	60,7	0,8
	Cg	5,5	1	2,17	7,67	28,26	31,6	49,5	48,5	2
CXae	A	1,96	0	3,97	5,94	66,96	0	43	32,3	24,7
	Bi	1,56	0	2,23	3,78	58,88	0	38,5	36,7	24,8
	C	1,62	0,5	0,14	1,77	8,18	77,6	7,5	57,8	34,7

Hz: horizonte; Al³⁺: alumínio trocável; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; V%: saturação por bases; m%: saturação por alumínio.

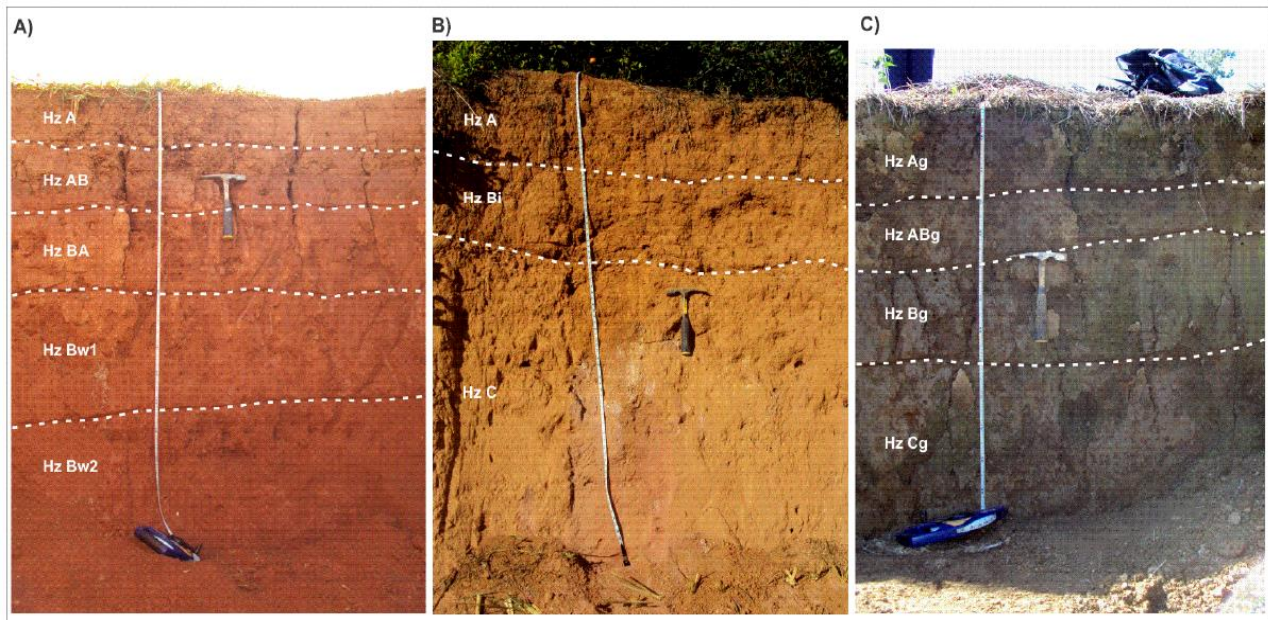


Figura 4. Perfis das principais classes de solos do Município de Inconfidentes – MG. A) Latossolo vermelho-amarelo (LVA) com a distinção dos seus horizontes (Hz): A, AB, BA, Bw1 e Bw2; B) Cambissolo (CX) e a identificação dos seus horizontes: A, Bi e C. O horizonte C foi definido principalmente devido à presença de fragmentos de rochas em estágios iniciais de intemperismo; C) Gleissolo (GX) com a divisão dos seus principais horizontes gleis: Ag, ABg, Bg e Cg.

Fonte: Souza e Silva, 2016.

Os métodos tradicionais de avaliação de terras, como o da aptidão agrícola, fornecem informações de qualidade, mesmo que baseada em uma avaliação empírica e qualitativa das terras (Bonfante et al., 2015). É fundamental para a avaliação das terras a orientação da vertente,

declividade, pedregosidade, acessibilidade e suscetibilidade a inundações, que podem ter grande impacto sobre a vocação da terra (Bonfante et al., 2015).

Áreas destinadas à preservação não devem ser indicadas para uso agrícola ou demais usos

(Akıncı et al., 2013). Além disso, áreas com elevada declividade, elevado grau de erosão e

pequena profundidade do solo devem ter restrições para a agricultura (Akıncı et al., 2013).

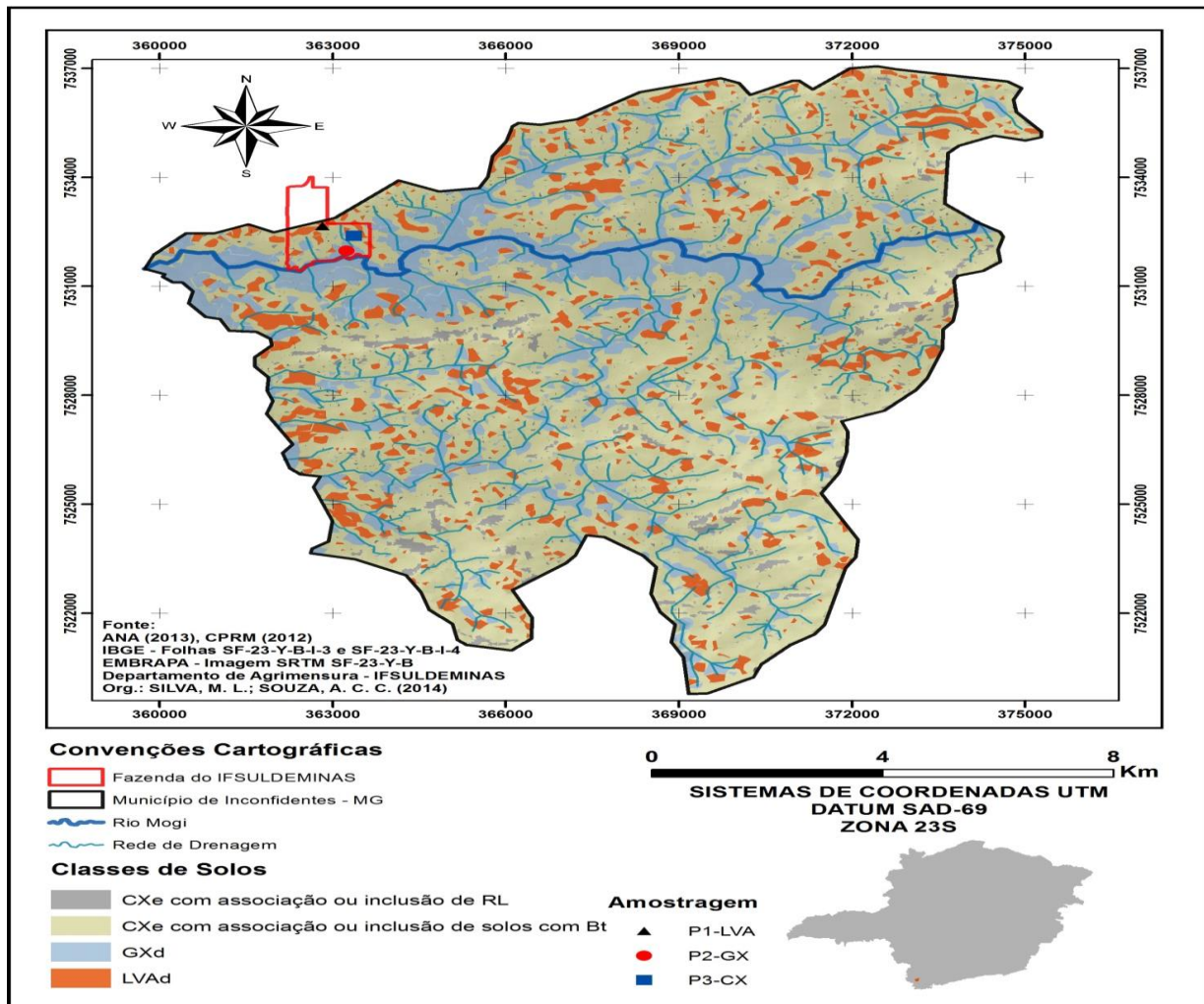


Figura 5. Mapa de solos do Município de Inconfidentes-MG. CXe: Cambissolo Háplico eutrófico típico; RL: Neossolo Litólico; Bt: Horizonte B textural; GXd: Gleissolo Háplico distrófico típico; LAVd: Latossolo Vermelho-amarelo distrófico típico.

Todas as áreas com declividade acima de 45% foram classificadas como inaptas para uso agrícola e indicadas para a preservação da fauna e da flora. Solos com declividade entre 20% e 45% foram indicados para pastagem plantada, com exceção dos Latossolos, que foram indicados para silvicultura por serem solos mais profundos,

mesmo nesta declividade. O restante da área foi indicado para lavoura, com aptidão boa, regular ou restrita. Para a classificação da aptidão agrícola os fatores mais limitantes foram considerados, com a finalidade da indicação de aptidão ser o mais conservacionista possível.

Tabela 3. Fatores limitantes, graus de limitação por fator e a aptidão agrícola por unidade de terra do Município de Inconfidentes - MG.

Declividade	Solo	Grau de limitação das condições agrícolas das terras para os níveis de manejo A, B e C												Aptidão agrícola	
		Deficiência de fertilidade			Deficiência de água			Deficiência de oxigênio			Suscetibilidade à erosão				Impedimentos à mecanização
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C		C
0-3%	LVAd	L/M	L ₁	N/L ₂	L/M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	N/L	N ₁	N ₁	N	1aBC
3-8%		L/M	L ₁	N/L ₂	L/M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	L	N/L ₁	N ₂	L	1abC
8-13%		L/M	L ₁	N/L ₂	L/M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	L/M	L ₁	N/L ₂	M	2abc
13-20%		L/M	L ₁	N/L ₂	M	L/M ₁	L ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	M	F ₂	M ₂	M	3(a)bc
20-45%		L/M	L ₁	N/L ₂	M	L/M ₁	L ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	F	F ₂	M/F ₂	F	5S
>45%		L/M	L ₁	N/L ₂	M	L/M ₁	L ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	MF	MF ₂	F ₂	MF	6
0-3%	GXd	F	M/F ₁	M ₂	N/L	N ₁	N ₁	F	M ₂	M	N/L	N ₁	N ₁	M	3(ab)c
3-8%		F	M/F ₁	M ₂	N/L	N ₁	N ₁	F	M ₂	M	L	N/L ₁	N ₁	M	3(a)bc
8-13%		F	M/F ₁	M ₂	N/L	N ₁	N ₁	F	M ₁	M	M	L ₁	N ₁	M	3(a)bc
13-20%		F	M/F ₁	M ₂	L	N/L ₁	N ₁	M	L/M ₁	L ₁	F/MF	F ₂	M ₂	F	4P
20-45%		F	M/F ₁	M ₂	L	N/L ₁	N ₁	M	L/M ₁	L ₁	MF	F ₂	M/F ₂	F/MF	4p
>45%		F	M/F ₁	M ₂	L	N/L ₁	N ₁	M	L/M ₁	L ₁	EF	MF ₂	F ₂	MF	6
0-3%	CXe1	L	N/L ₁	N ₁	M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	N/L	N ₁	N ₁	N	1abC
3-8%		L	N/L ₁	N ₁	M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	L	N/L ₁	N ₁	L	1abC
8-13%		L	N/L ₁	N ₁	M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	M	L/M ₁	L ₁	M	2abc
13-20%		L	N/L ₁	N ₁	M/F	M ₁	L/M ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	F	M/F ₂	M ₂	F	3(ab)c
20-45%		L	N/L ₁	N ₁	M/F	M ₁	L/M ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	MF	F/MF ₂	F ₂	F/MF	4P
>45%		L	N/L ₁	N ₁	M/F	M ₁	L/M ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	EF	MF ₂	MF	MF	6
0-3%	CXe2	L	N/L ₁	N ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	L	N/L ₁	N/L	N	1abC
3-8%		L	N/L ₁	N ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	L	N/L ₁	N/L	L	1abC
8-13%		L	N/L ₁	N ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	M	L/M ₁	L ₁	M	L/M ₁	L ₁	M	2abc
13-20%		L	N/L ₁	N ₁	M	L/M ₁	L ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	F	M/F ₂	M ₂	F	3(ab)c
20-45%		L	N/L ₁	N ₁	M	L/M ₁	L ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	MF	F/MF ₂	F ₂	F/MF	4P
>45%		L	N/L ₁	N ₁	M	L/M ₁	L ₁	L/M	L ₁	N/L ₁	EF	MF ₂	MF	MF	6

LVAd: Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico típico; GXd: Gleissolo Háplico Ta Distrófico típico; CXe1: Cambissolo Háplico Eutrófico típico com associação ou inclusão de Neossolos Litólicos (RL); CXe2: Cambissolo Háplico Eutrófico típico com associação ou inclusão de solos com o Bt; A: nível de manejo primitivo; B: nível de manejo pouco desenvolvido; C: nível de manejo desenvolvido; N: grau de limitação nulo; L: grau de limitação ligeiro; M: grau de limitação moderado; F: grau de limitação forte; MF: grau de limitação muito forte; /: transição entre grau de limitação; 1: melhoramento viável com práticas simples e pequeno emprego de capital; 2 :melhoramento viável com práticas intensivas e mais sofisticadas, e considerável aplicação de capital.

De acordo com a aplicação do método de aptidão agrícola (FAO) adaptado por Ramalho Filho e Beek, 1995. (Tabela 4, Figura 6), a maior parte da área de estudo foi classificada com boa aptidão para pastagem plantada (4P - 41,4%), seguido das áreas com classe 3(ab)c (restrito para lavoura nos níveis A e B e regular no nível C), 2abc (regular para lavouras nos níveis A, B e C), 3(a)BC (restrito para lavouras no nível A e bom nos níveis B e C) e 2abC (regular para lavouras no nível de manejo A e B e bom no nível C). A classe boa para silvicultura (5S), regular para pastagem plantada (4p), terras sem aptidão agrícola (6) e aptidão boa para agricultura no nível de manejo B e C (1aBC, regular para lavouras no nível A e bom nos níveis B e C) foram as que ocuparam as menores áreas.

A classe regular e restrita para agricultura e pastagem plantada juntas corresponde a cerca de 80% da área total (Figura 6). Todas as áreas com declividade acima de 45% (relevo montanhoso), independente do tipo de solo, foram classificadas como terras sem aptidão agrícola. Vários autores também consideraram que terras localizados em relevos mais acidentados são inaptas (Araújo et al., 2013; Cessa et al., 2014; Delarmelinda et al., 2014; Poelking et al., 2015). Os Gleissolos Melânico aluminoso mesmo em áreas planas, de baixa declividades (0-8%) não possuem aptidão agrícola, devido a restrições químicas que não dependiam somente da declividade (Araújo et al., 2013; Cessa et al., 2014; Delarmelinda et al., 2014; Poelking et al., 2015).

Tabela 4. Classes de aptidão agrícola para o Município de Inconfidentes-MG.

Simbologia	Classes de aptidão Caracterização	Área	
		ha	%
1aBC	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A e B, e regular no nível C	30	0,2
1abC	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para lavouras no nível de manejo C, e regular nos níveis A e B	1021	6,8
2abc	Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo A, B e C	1595	10,7
3(a)bc	Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo B e C, e restrito no nível A	1545	10,3
3(ab)c	Terras pertencentes à classe de aptidão regular para lavouras no nível de manejo C, e restrito nos níveis A e B	2909	19,5
4P	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para pastagem plantada	6192	41,4
4p	Terras pertencentes à classe de aptidão regular para pastagem plantada	643	4,2
5S	Terras pertencentes à classe de aptidão boa para silvicultura	662	4,4
6	Terras sem aptidão para uso agrícola, sendo destinadas à preservação da fauna e flora	350	2,3
Total		14947	100

A avaliação de terra a partir da caracterização de condições geoambientais, como clima, solo, erosão, inundação e topografia orientada para as principais culturas agrícolas é uma abordagem ideal para ajudar na tomada de decisões acerca de interações complexas do planejamento do uso da terra levando em conta a sustentabilidade (Elsheikh et al., 2013).

Nos Latossolos e Cambissolos associados ao relevo plano ou suave ondulado, as terras foram caracterizadas com boa aptidão para lavouras de ciclo curto ou longo nos níveis de manejo B e C. As terras com aptidão restrita para lavouras correspondem aos Gleissolos (0-13% de declividade), porém, nessas áreas existem limitações quanto ao risco de inundações.

Terras com boa aptidão para silvicultura só se apresentaram em Latossolos com relevo forte ondulado, tendo em vista que os demais solos

apresentaram restrições associadas à pequena profundidade, acúmulo de argila no horizonte B ou solos com más condições de drenagem.

A aptidão boa para pastagem plantada ocorre nos Cambissolos com relevo forte ondulado. Diversos autores, em outras áreas, também avaliaram os Cambissolos com a mesma pretensão (Araújo et al., 2013; Elsheikh et al., 2013; Cessa et al., 2014; Delarmelinda et al., 2014; Poelking et al., 2015). A aptidão boa e regular para pastagem plantada também ocorrem em Gleissolos nos relevos ondulado e forte ondulado, respectivamente. O relevo acidentado e solos com baixa fertilidade natural são limitantes ao uso agrícola (Ramalho Filho e Beek, 1995; Araújo et al., 2013; Elsheikh et al., 2013; Cessa et al., 2014; Delarmelinda et al., 2014; Poelking et al., 2015).

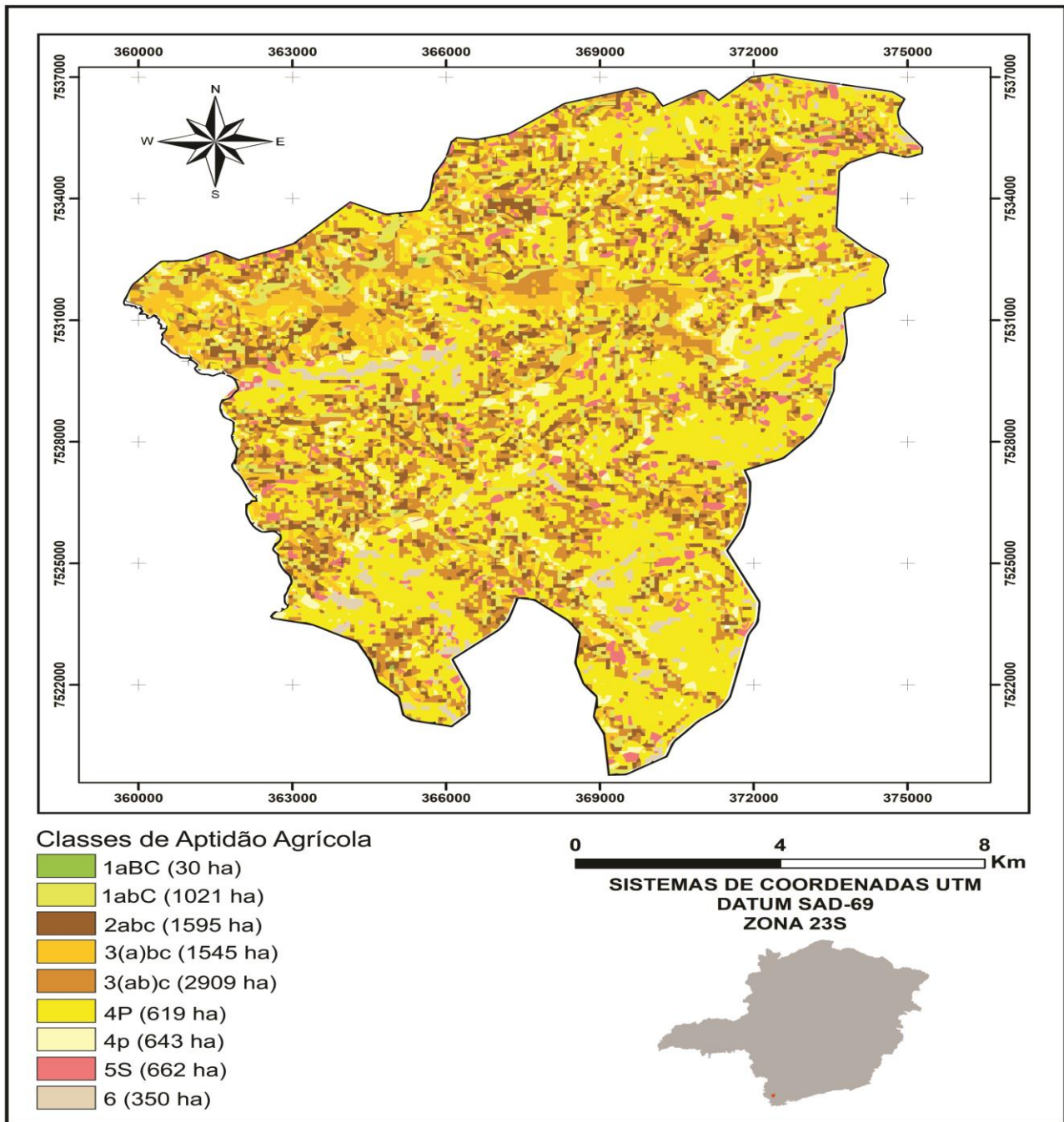


Figura 6. Mapa de aptidão agrícola das terras do Município de Inconfidentes - MG. **1aBC** e **1abC**: Terras com aptidão boa para lavouras de ciclo curto e/ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C; **2abc**: Terras com aptidão regular para lavouras de ciclo curto e/ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C; **3(a)bc** e **3(ab)c**: Terras com aptidão restrita para lavouras de ciclo curto e/ou longo em pelo menos um dos níveis de manejo A, B ou C; **4P** e **4p**: Terras com aptidão boa (4P), regular a restrita (4p) para pastagem plantada; **5S**: Terras com aptidão regular ou restrita para silvicultura e/ou pastagem natural; **6**: Terras sem aptidão para uso agrícola.

Os Latossolos Vermelho-Amarelos foram classificados como restrito para agricultura nos níveis de manejo B e C e bom para pastagem plantada dependendo do relevo. Diferentes autores avaliaram os Latossolos Vermelhos Eutróficos com aptidão boa para lavouras nos três níveis de manejo (Araújo et al., 2013; Elsheikh et al., 2013; Cessa et al., 2014; Delarmelinda et al., 2014; Poelking et al., 2015). Os Neossolos Litólicos não

apresentaram aptidão agrícola (12% da área estudada) e 70% da área de estudo apresentam alguma aptidão para lavouras.

Os Cambissolos com associação ou inclusão de Litólicos estão, em sua maioria, situados em relevos forte ondulados (69,8% de declividade) e os com associação ou inclusão de solos com Bt estão em sua maioria nos relevos

ondulados (25,1% de declividade) e forte ondulados (declividade de 50,5%).

Aproximadamente 11% dos Gleissolos apresentam-se em relevo plano, condição muito propensa à inundação. Os Latossolos estão, em sua maioria, nos relevos ondulados (declividade de 28,7%) e forte ondulados (declividade de 41,8%). Cambissolos e Latossolos em relevos ondulados e forte ondulados conferem algumas limitações em comparação aos relevos mais suavizados e, portanto, estes solos foram avaliados com maiores limitações quanto à erosão em relevo forte ondulado.

Uma grande porção do Município de Inconfidentes é coberta por Cambissolos com associação ou inclusão de solos com Bt (aproximadamente 67,7%) (Souza e Silva, 2016). Em seguida ocorrem os Gleissolos (GXd) e os Latossolos Vermelho-Amarelos (LVAd), com 19,4% e 10,6%, respectivamente (Souza e Silva, 2016). O restante do território municipal é composto por Cambissolos com associação ou inclusão de Neossolos Litólicos (2,4%). Os Neossolos Litólicos possuem consideráveis restrições ao cultivo agrícola (Araújo et al., 2013; Elsheikh et al., 2013; Cessa et al., 2014; Delarmelinda et al., 2014; Poelking et al., 2015), e essa característica foi considerada e diminuiu a aptidão dos Cambissolos com associação ou inclusão dessa ordem de solo.

Conclusão

No Município de Inconfidentes ocorrem três ordens de solos bastante distintas (Gleissolos, Cambissolos e Latossolos). Solos caracterizados com limitações químicas e físicas, pouca profundidade e situados em relevos mais acidentados restringiram a aptidão agrícola aos usos restrito para lavouras, com pastagem plantada ou silvicultura.

Dessa forma, a maior classe de aptidão do Município de Inconfidentes (correspondente a 41,4% do território) foi categorizada como 4P, que define terras pertencentes à classe de aptidão boa para pastagem plantada. A classe com menor percentual (0,2%) correspondeu à classe 1aBC, referente à terras com aptidão boa para lavouras nos níveis de manejo A e B, e regular no nível C. Terras pertinentes às classe de aptidão regular para lavouras nos níveis de manejo A, B e C, sem restrições (2abc) corresponderam à 10,7% do território municipal.

O planejamento agrícola, visando o bom manejo da terra, carece, sempre estar associado ao planejamento ambiental. Portanto, a integração do mapa de aptidão agrícola às áreas de preservação

permanente de Inconfidentes constitui uma necessidade, visto que as atividades agrícolas não devem ignorar as limitações dos recursos naturais, em acordo com a legislação ambiental vigente.

Agradecimentos

Os autores gostariam de agradecer ao apoio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – IFSULDEMINAS, *Campus* Inconfidentes.

Referências

- Akıncı, H., Özalp, A. Y., Turgut, B., 2013. Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture* 97, 71-82.
- Angelo, A. R., Morais, J. L., 2017. Geoprocessamento aplicado à determinação da aptidão agrícola de terras: localidade de Serrinha, Paçandu, Estado do Paraná, Brasil. *Ambiência* 13, 158-175.
- Araújo, J. M. S., Oliveira, H. A., Bezerra, H. N., Silva, P. C. M., 2013. Determinação da aptidão agrícola da Microrregião de Mossoró – RN. *Engenharia na Agricultura* 21, n. 2, 148-158.
- Bonfante, A., Monaco, E., Alfieri, S. M. De Lorenzi., Manna, P., Basile, A., Bouma, J., Donald, L. S., 2015. Chapter Two - Climate change effects on the suitability of an agricultural area to maize cultivation: Application of a new hybrid land evaluation system. *Advances in agronomy* 133, 33-69.
- Bragatto, R. D., Tomazoni, J. C., Mello, N. A., 2013. Mapeamento das unidades de paisagem das classes de aptidão agrícola na microbacia do Rio Conrado com auxílio de produtos de sensoriamento remoto. *Geociências*, 2, 356-369.
- Cessa, R. M. A., Faria, G. S. M., Ribeiro, A. F. D. N., 2014. Uso da terra em uma porção da microbacia do Rio Dourados. *Revista Agrogeoambiental* 6, 51-58.
- Delarmelinda, E. A., Wadt, P. G. S., Anjos, L. H. C., Masutti, C. S. M., Silva, E. F., Silva, M. B., Coelho, R. M., Silva, L. M., Shimizu, S. H., Couto, W. H., 2014. Aplicação de sistemas de avaliação da aptidão agrícola das terras em solos do Estado do Acre, Amazônia. *Revista Biota Amazônia* 2, 87-95.
- Elsheikh, R., Mohamed Shariff, A. R. B., Amiri, F., Ahmad, N. B., Balasundram, S. K., Soom, M. A. M., 2013. Agriculture land suitability evaluator (ALSE): A decision and planning support tool for tropical and subtropical crops.

- Computers and Electronics in Agriculture 93, 98-110.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3. ed. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Embrapa Solos, Rio de Janeiro.
- Filho, G. B. R., Filho, J. C. A., Carvalho, R. M. C. M. O., Araújo, M. S. B., Frutuoso, M. N. M. A., Brandão, S. S. F., 2016. Potencial agroecológico do Município de Itacuruba, Pernambuco, Brasil. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 172-184.
- Filho, J. C. A., Neto, M. V. B., Silva, C. B., Araújo, M. S. B., Menezes, J. B., 2013. Levantamento semidetalhado dos solos da bacia hidrográfica do Rio Natuba, Pernambuco. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, n. 3, 384-397.
- Francisco, P. R. M., Pereira, F. C., Brandão, Z. N., 2015. Mapeamento da aptidão edáfica para fruticultura segundo o zoneamento agropecuário do Estado da Paraíba. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 377-390.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2015. Manual técnico de pedologia: guia prático de campo. IBGE, Rio de Janeiro.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2013. Manual técnico de uso da terra, 3 ed. IBGE, Rio de Janeiro.
- Junior, R. F. V., Galbiatti, J. A., Pissarra, T. C. T., Filho, M. V. M., 2013. Diagnóstico do conflito de uso e ocupação do solo na Bacia do Rio Uberaba. *Global Science and Technology* 6, 40-52.
- Leite, M. E., Ferreira, M. F. F., 2013. Análise espaço-temporal do uso da terra na Bacia Hidrográfica do Rio Tabuas, Norte de Minas Gerais, com aplicação das geotecnologias. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 184-194.
- Machado, T. C. E., Campos, M. C. C., Paganini, C. H. P., Maurício, J. C., Soares, M. D. R., 2017. Avaliação do uso e ocupação das áreas de preservação permanente nos anos de 2008 e 2013 na zona urbana de Humaitá, Amazonas. *Revista Universidade Vale do Rio Verde* 15, 744-750.
- Nunes, J. F., Roig, H. L., 2015. Análise do uso e ocupação do solo da Bacia do Alto do Descoberto DF/GO através de uma classificação automática baseada em lógica nebulosa. *Revista Árvore* 39, 25-36.
- Poelking, E. L., Dalmolin, R. S. D., Pedron, F. A., Fink, J. R., 2015. Sistemas de Informação Geográfica aplicado ao levantamento de solos e aptidão agrícola das terras como subsídios para o planejamento ambiental do Município de Itaara, RS. *Revista Arvore* 39, 215-223.
- Ramalho Filho, A., Beek, K. J., 1995. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3. ed. Embrapa. Rio de Janeiro.
- Santos, R. D., Lemos, R. C., Santos, H. G., Ker, J. C., Anjos, L. H. C., 2015. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 7. ed. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Viçosa.
- Silva, D. A. N., Silva, M. L., Leonardi, F. A., 2015. Geoprocessamento aplicado ao planejamento urbano: proposta preliminar de expansão urbano no município de Inconfidentes – MG. *Revista Brasileira de Geografia Física* 8, 1187-1201.
- Silva, M. L., 2016. Mapeamento de superfícies aplainadas no norte de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 526-545.
- Silveira, G. R. P., Campos, S., Garcia, Y. M., Silva, H. A. S., Campos, M., Nardini, R. C., Felipe, A. C., 2013. Geoprocessamento aplicado na determinação das subclasses de capacidade de uso do solo para o planejamento conservacionista. *Revista Comunicata Scientiae* 4, 330-336.
- Silveira, G. R. P., Campos, S., Gonçalves, A. K., Barros, Z. X., Pollo, R. A., 2015. Geoprocessamento aplicado na espacialização da capacidade de uso do solo em uma área de importância agrícola. *Energia na Agricultura* 30, 363-371.
- Souza, A. C. C., Silva, M. L., 2016. Geoprocessamento aplicado ao levantamento de solos no município de Inconfidentes - MG. *Revista Brasileira de Geografia Física* 9, 200-214.
- Souza, C. M. P., Silva, K. F. M. C., Moreau, A. M. S. S., 2014. Avaliação do potencial de uso urbano da cidade de Ilhéus – BA. *Revista Brasileira de Geografia e Física* 7, 165-179.
- Souza, S. O., 2015. Geotecnologias aplicadas à análise espaço-temporal do uso e da ocupação da terra na planície costeira de Caravelas (BA). *Boletim Goiano de Geografia* 35, 71-79.
- Stockmann, U., Minasny, B., Mcbratney, A. B., 2014. How fast does soil grow? *Geoderma* 216, 48-61.
- Vale, J. R. B., Bordalo, C. A. L., Da Fonseca, L. C. N., 2016. Análise do uso e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Apeú, nordeste paraense, entre os anos de 1999 e 2014. *Revista do Instituto Histórico e Geográfico do Pará* 2, 73-86.
- Wadt, P. G. S., Souza, C. B. C., Anjos, L. H. C., Pereira, M. G., Silva, L. M., 2014. Aptidão

agrícola das terras aplicadas em pequenos estabelecimentos rurais do sudoeste amazônico. *Biota Amazônia* 4, 25-30.
Zanella, M. E., Olimpio, J. L. S., Costa, M. C. L.,

Dantas, E. W. C., 2013. Vulnerabilidade socioambiental do baixo curso da Bacia Hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza - CE. *Revista Sociedade e Natureza* 25, 317-332.