

Mapeamento da aptidão agrícola das terras por meio de análise multicritério

Mapping of land use capacity of lands through multicriteria analysis

Ana Clara de Barros^{1,*}, Felipe de Souza Nogueira Tagliarini¹, Yara Manfrin Garcia², Renata Teixeira de Almeida Minhoni¹, Zacarias Xavier de Barros¹ e Célia Regina Lopes Zimback¹

¹ Departamento de Engenharia Rural/ Programa de Pós Graduação em Agronomia – Energia na Agricultura/ Faculdade de Ciências Agrônomicas FCA/ Universidade Estadual Paulista. Botucatu/SP/Brasil

² Rua Galvão de Castro 13-040, Jardim Marambá, CEP: 17030-026 – Bauru/SP/Brasil
(*E-mail: anaclara_inha@hotmail.com)

<https://doi.org/10.19084/rca.17293>

Recebido/received: 1018.08.16

Aceite/accepted: 2019.01.27

RESUMO

A utilização imprópria dos recursos naturais e a intensificação do uso agropecuário desrespeitando a aptidão agrícola, sem levar em conta as potencialidades dos agroecossistemas, é uma das principais razões da degradação ambiental. Objetivou-se com esse trabalho estabelecer a aptidão agrícola das terras com o auxílio da análise multicritério no município de Itaberá-SP, discriminando as principais culturas anuais. O método empregado para a classificação das terras para o uso agrícola foi o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras e adotou-se a metodologia fundamentada no uso de geotecnologias aplicando planos de informação como o uso da terra, solos, declividade, temperatura e dados pluviométricos. As variáveis foram combinadas utilizando álgebra de mapas por meio de técnica de combinação linear ponderada em que cada um deles foi estimado um fator condicionante à aptidão agrícola das terras. A normalização dos fatores deu-se com base das classes de aptidão que apresentam pesos que variam de um a quatro e a determinação dos pesos pelo método do Processo Hierárquico Analítico (AHP). Esta metodologia mostrou-se eficaz para a classificação da aptidão agrícola. A partir desse método permitiu assegurar-se que a área de estudo apresenta em quase sua totalidade aptidão agrícola para as culturas do milho e da soja.

Palavras-chave: geotecnologias, capacidade de uso da terra, zoneamento agrícola.

ABSTRACT

Improper use of natural resources and intensification of agricultural use, disrespecting land use capacity, without taking into account the potential of agroecosystems, is one of the main reasons for environmental degradation. The aim is to establish the land use capacity of lands by using multicriteria analysis at municipality of Itaberá-SP, discriminating main annual crops. The method used to classification of land for agricultural use was the Land Aptitude Assessment System and the methodology based on the use of geotechnologies was adopted, applying information plans such as land use, soil, slope, temperature and pluviometric data. These variables were combined using maps algebra using a weighted linear combination technique in which for each of them a conditioning factor that determines use capacity of the land was estimated. The normalization of the weights was based on the land use capacity classes that present scores ranging from one to four, and the determination of weights by the Analytical Hierarchical Process (AHP). This methodology proved to be effective for classification of land use capacity. By this method, it was possible to assure that the study area presents in almost totality land use capacity for corn and soybean crops.

Keywords: geotechnologies, land use capacity, agricultural zoning.

INTRODUÇÃO

A prática da agricultura está totalmente voltada para as condições do ambiente, sendo assim, estudo e conhecimentos específicos da área a ser aproveitada são importantes para se obter uma agricultura bem-sucedida e economicamente viável sem danos ao meio ambiente. Para isso, se faz necessário o conhecimento dos principais fatores em termos ambientais envolvidos, como o solo e o clima, pois estes fatores restringem o crescimento e o desenvolvimento das plantas (Barros, 2017).

O sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras (Ramalho-Filho & Beek, 1995) e o sistema de capacidade de uso (Lepsch *et al.*, 1991), são os sistemas mais adotados no Brasil para avaliar o potencial das terras. Porém, o sistema proposto por Ramalho-Filho e Beek (1995) apresenta diversas vantagens, entre elas o maior uso no âmbito nacional, aceita ajustes e usos em diferentes escalas de mapeamento e permite adaptação ou inclusão de parâmetros, possibilitando, assim, o acompanhamento dos avanços científicos ou níveis exigidos em diferentes pesquisas (Pereira & Neto, 2004).

O uso impróprio e a ausência de conhecimento da aptidão agrícola da terra geram frequentes impactos negativos ao meio ambiente (Pedron *et al.*, 2006). A fragilidade e o potencial da utilização dos recursos naturais necessitam ser aferidos sendo essencial um planejamento do uso da terra levando em consideração a potencialidade do uso desses recursos. A aptidão agrícola das terras é empregada para identificar e conferir os diversos tipos de usos do solo numa certa região e assim opor-se à subutilização ou sobre a exploração dos mesmos (Corseuil *et al.*, 2009).

A classificação da aptidão agrícola das terras menciona-se à avaliação de terras com finalidades específicas e tenta criar classes de terras em desempenho da sua aptidão para usos determinados (Ribeiro, 2007).

A avaliação da aptidão agrícola das terras é uma metodologia desenvolvida por Ramalho Filho e Beek em 1995, que incide na explanação das condições naturais dos solos em termos do seu potencial de uso, atendendo também os níveis tecnológicos de manejo, dos menos ao mais desenvolvidos. Gera

a idealização do uso agrícola dentro das probabilidades do emprego das terras por meio de um modelo que incide em relacionar a aptidão agrícola e as diferentes atividades antrópicas nelas desenvolvidas. Esta metodologia analisa as limitações naturais das terras quanto ao seu uso, propondo a indicação de sua melhor utilização, de agricultura, pastagem, silvicultura ou se são áreas inaptas ao uso agrícola (Ramalho Filho & Beek, 1995).

A avaliação da aptidão das terras pode ser realizada a partir de conhecimentos sobre o clima, vegetação, assim como o solo, que são de grande importância para planejar e otimizar o uso da terra, o que admite o melhor e mais eficiente aplicação dos recursos naturais (Sampaio, 2007).

Esses sistemas de avaliação interpretativos são fundamentados na identificação das limitações que os solos podem proporcionar, de combinação com análises quantitativas e qualitativas das características desses, resultando em diversas classes de potencial de uso com o propósito de fornecer um prognóstico da capacidade de uso da terra em consenso com o conhecimento acumulado na área de ciência do solo (Bacic *et al.*, 2003).

O desígnio de áreas para fins agrícolas depende de planejamento, pois o solo dispõe de um potencial de uso adequado às suas características, necessitando de cuidados conforme a maior ou menor intensidade de seu uso (Pereira Neto e Limberger, 2002).

Conforme Pedron *et al.* (2006), o diagnóstico do recurso solo, ao lado de outros elementos ambientais, constitui uma excelente ferramenta na deliberação de problemas, como os conflitos de uso das terras, podendo auxiliar no planejamento racional de todo o ambiente.

As técnicas de geoprocessamento e de análise multicritério podem auxiliar no planejamento dessas atividades, pois abrangem a adaptação de uso das terras e outros critérios ambientais na prática de tomada de decisão. O uso de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) juntamente com o método de análise multicritério, permite a padronização e a relação de dados, propiciando uma estimativa conjugada dos mesmos, adequando mais eficiência e credibilidade no procedimento de tomada de

decisão para originar a adequação de uso das terras (Barros, 2017).

Objetivou-se com esse trabalho estabelecer a aptidão agrícola das terras com o auxílio da análise multicritério no município de Itaberá-SP, discriminando as principais culturas no município, milho e soja, para a obtenção de um mapa de aptidão agrícola. Este estudo fornecerá um importante suporte técnico ao planejamento agrícola da região, visando contribuir com racionalidade dos recursos naturais, manejo e conservação dos solos.

MATERIAL E MÉTODOS

O município de Itaberá possui área de 108.863,43 ha, localiza-se na região sudeste do estado de São Paulo (Figura 1). O clima da região, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Cwa sendo definido como clima subtropical/ tropical de altitude, a temperatura média anual é de 20,6°C e precipitação média anual de 1.193,7 mm, com altitude de 640 metros (Cepagri, 2014).

Para a realização deste trabalho, utilizaram-se as cartas planialtimétricas em formato digital, editada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (1974), escala 1:50.000.

Foram empregadas imagens multiespectrais do Sensor *Operational Land Imager* – OLI, presente no satélite Landsat 8 com resolução espacial de 30 metros, para a confecção do mapa de uso das terras. As imagens possuem data de 28/12/2016, órbita 220 e ponto 076. Para a obtenção do mapa de uso e ocupação da terra, foram utilizadas quatro bandas, sendo elas, a banda 2, 3, 4 e 8, que representam respectivamente os comprimentos de ondas do azul, verde, vermelho e a pancromática. As aquisições das imagens foram realizadas de forma gratuita através do site americano *Earth Explorer* – USGS – *United States Geological Survey*.

Utilizou-se o banco de dados climáticos dos municípios vizinhos da área de estudo, por meio de informações adquiridas no banco de dados climáticos do Brasil (EMBRAPA, 2003). O banco de dados foi composto por valores com um período

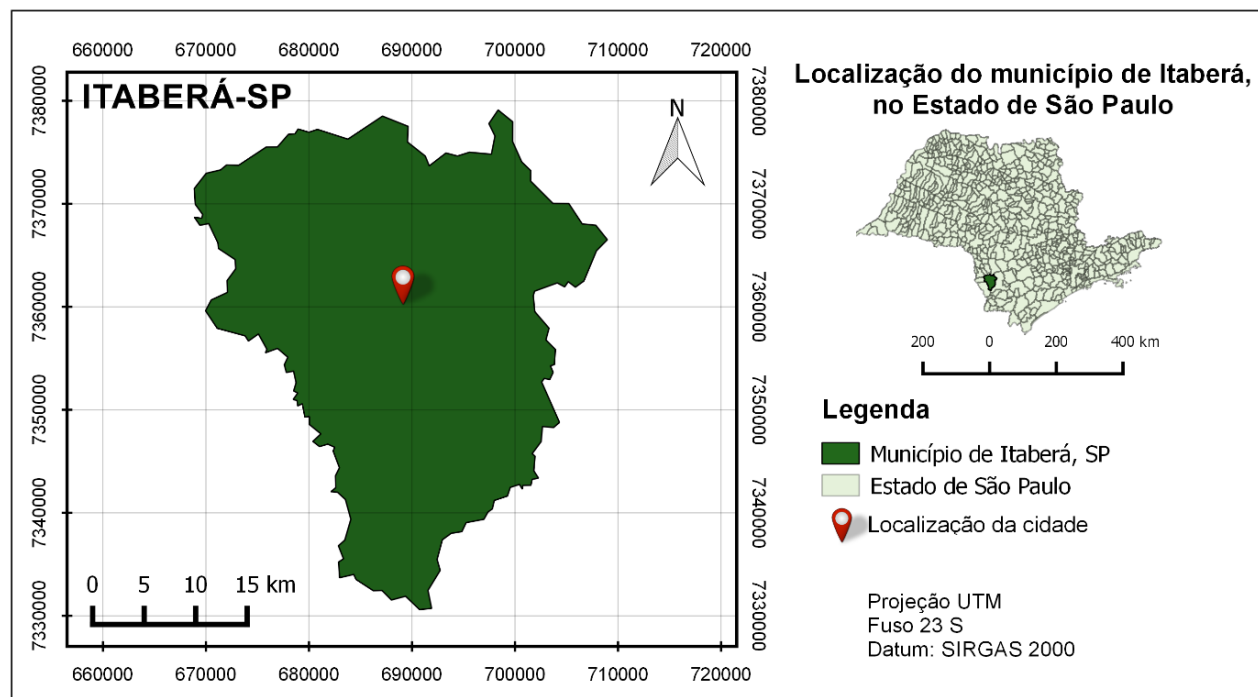


Figura 1 - Localização do município de Itaberá-SP.

histórico de registros diários de uma média de 30 anos, de 1960 a 1990. A Organização Meteorológica Mundial (OMM) determina como “valores médios calculados para um período parcialmente longo e constante, abrangendo no mínimo três décadas consecutivas” e padrões climatológicos normais como médias de informações climatológicas calculadas para períodos sucessivos de 30 anos (INMET, 2017). Portanto, emprega-se um período histórico, pois o clima é caracterizado pelos valores médios correspondentes a um número de anos satisfatoriamente extenso para reconhecer que ele representa o valor predominante daquele determinado local.

Com a finalidade de aumentar a resolução espacial das bandas multiespectrais, foi realizada primeiramente uma fusão entre todas as bandas com a banda pancromática, e a partir desse processo, obtiveram-se imagens com resolução espacial de 15 metros.

Para isso, foi empregado o método IHS, onde o processamento das imagens é dividido em duas fases, na primeira selecionou-se um conjunto de três bandas com propriedade multiespectral e a essas foi aplicada uma transformação do tipo IHS (I, intensidade; H, matiz; S, saturação). Na segunda fase do processamento, os componentes H e S que integra as particularidades das cores da imagem são conservados e o componente I é rejeitado e substituído pela banda de melhor resolução, nesse caso, a pancromática (Meneses, 2012).

Para promover uma interpretação adequada das imagens e poder classificar as classes de uso e cobertura da terra, foram realizadas composições coloridas com as imagens fusionadas, no sistema de cores RGB (R, vermelho; G, verde e B, azul). Foi gerada uma composição, em “cor verdadeira” R4G3B2, aproveitando métodos de fotointerpretação, os alvos na superfície foram identificados e a eles impostos uma classificação temática.

A razão da escolha dessa composição foi proporcionar uma caracterização e diferenciação mais adequada aos usos e coberturas da terra e promover a análise visual sobre a imagem para a obtenção de informações. A caracterização das diferentes classes de uso foi feita pela classificação automatizada da imagem de satélite, por meio da classificação

supervisionada por pixel, utilizando-se o classificador máxima verossimilhança.

O mapa pedológico foi obtido por meio do recorte feito para as classes de solos existentes na área de estudo, de acordo com o levantamento pedológico do estado de São Paulo (Oliveira *et al.*, 1999), com escala 1:500.000.

Para a obtenção do Modelo Digital de Elevação (MDE) foram utilizadas as cotas planialtimétricas contidas nas cartas topográficas do IBGE, na escala 1:50.000. Essas foram inicialmente georreferenciadas, tomando como pontos de controle os cruzamentos entre as coordenadas indicadas na própria carta. Em seguida, foram adquiridas as informações de elevação e rede de drenagem por meio do método de vetorização, passando as imagens de formato matricial para o formato vetorial. Para representar o relevo de uma determinada área, iniciou-se pela interpolação das curvas planialtimétricas, cada elemento das curvas contém um valor de elevação, essas linhas precisam ser convertidas para pontos, esses pontos terão os valores de elevação. Próximo passo foi a interpolação dos pontos gerados, do tipo triangular (TIN), para se obter o resultado do mapa de elevação do terreno. Após a criação do MDE, fez-se o cálculo da declividade, os valores interpolados foram agrupados em intervalos de seis classes (0-3, 3-8, 8-20, 20-45, 45-75 e >75%), de acordo com a EMBRAPA (2013).

Tanto o mapa térmico quanto o pluviométrico foram elaborados com dados de temperatura e pluviosidade médios para 30 anos. Foi elaborado um arquivo no *Microsoft Office Excel*, com dados dos municípios como, longitude, latitude e a média para cada fator (temperatura e pluviosidade). Em seguida no SIG realizou-se o método de interpolação peso pelo inverso da distância (IDW) com os dados, e recortou-se com o limite da área de estudo.

Para a obtenção dos fatores referentes a aptidão agrícola foi realizada uma seleção dos fatores para o mapeamento da aptidão agrícola que foi baseada na revisão de literatura (Ramalho Filho & Beek, 1995) e consulta a especialistas das áreas de conservação do solo, topografia e integrantes do Grupo de Estudos e Pesquisas Agrárias Georreferenciadas (GEPAG) da Faculdade de Ciências

Agronômicas (FCA). Foram selecionados quatro fatores relacionados ao meio físico e antrópico, são eles: tipo de solos, declividade, temperatura e pluviosidade.

Quanto ao cálculo do peso, para cada fator foi empregue o processo de Análise Multicritério designado como Processo Hierárquico Analítico (AHP), uma metodologia desenvolvida por Saaty (1977, 1987). Cada um dos fatores foi avaliado como tendo uma relevância distinta ao objetivo (mapeamento da aptidão agrícola).

Segundo Silva *et al.* (2004), o processo da determinação da ponderação dos fatores desenvolve-se ao longo de sete etapas, sendo elas:

- 1ª Etapa: Construção da matriz de comparação par a par;
- 2ª Etapa: Cálculo do vetor de peso principal;
- 3ª Etapa: Cálculo do vetor de peso máximo;
- 4ª Etapa: Cálculo do Índice de Consistência (CI – *Consistency Index*);
- 5ª Etapa: Cálculo do Índice de Aleatoriedade (RI – *Random Index*);
- 6ª Etapa: Cálculo do Grau de Consistência (CR – *Consistency Ratio*); por meio do CI e RI;
- 7ª Etapa: Eventual reavaliação da matriz de comparação, caso necessário.

Conforme a metodologia AHP, os fatores são confrontados par-a-par para a determinação da importância relativa entre eles (Quadro 1), para isso foi estabelecida uma matriz quadrada de ordem n, onde n representa o número de fatores, como apresentado por Nicolete (2015).

Quadro 1 - Matriz de comparação pareada

	F ₁	F ₂	...	F _n
F ₁	f ₁ /f ₁	f ₁ /f ₂	...	f ₁ /f _n
F ₂	f ₂ /f ₁	f ₂ /f ₂	...	f ₂ /f _n
...
F _n	f _n /f ₁	f _n /f ₂	...	f _n /f _n

No Quadro 1 está representada uma matriz quadrada A = (a_{ij}), onde cada componente (i,j) da matriz concebe um valor de comparação entre dois fatores. Os valores de comparação aceites nesse trabalho seguiram a escala sugerida por Saaty (1977, 1987) e esta apresentada na Figura 2.

Completando a matriz de comparação pareada (Quadro 1), aplicando a escala de Saaty da Figura 2 deve respeitar duas etapas. A primeira expõe que a matriz necessita ser mútua, ou seja, a_{ij} = 1/a_{ji}, por exemplo, se o item a₁₂ da matriz, que retrata a comparação entre o fator F₁ com F₂ (f₁/f₂), auferir o valor 3 da escala, então o item a₂₁ da matriz, onde é realizada a comparação entre F₂ com F₁ (f₂/f₁), precisará receber o valor 1/3. Na segunda etapa, todo fator quando comparado a ele mesmo (diagonal da matriz) receberá o valor 1 da escala, ou seja, igual importância, com isso a_{ii} = 1, para todo i (Saaty, 1977, 1987).

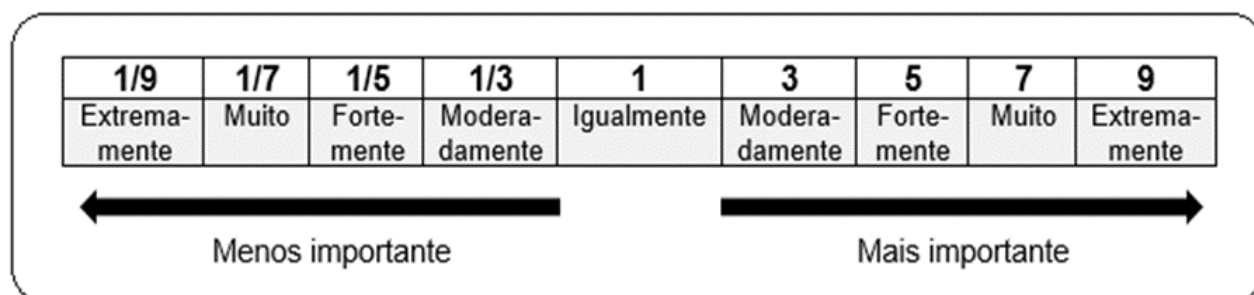


Figura 2 - Escala de valores para comparação pareada. Fonte: Adaptado de Silva *et al.* (2004).

Após o preenchimento da matriz, empregou-se a Equação 1 exposta por Silva *et al.* (2004), para calcular o vetor de pesos w , onde para cada fator n foi obtido um peso w_i .

$$w_i = (\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n} / \sum_{k=1}^n [(\prod_{j=1}^n a_{kj})^{1/n}] \quad (1)$$

Onde: w_i representa o peso para o fator i ; n é o número de fatores.

Posteriormente, ao cálculo do vetor de pesos, utilizou-se a Equação 2 para realizar o cálculo do autovalor máximo ($\lambda_{\text{máx}}$) para a matriz (Silva *et al.*, 2004). O cálculo do autovalor máximo, deve ser maior ou igual a n para uma matriz recíproca e positiva (Saaty, 1987).

$$\lambda_{\text{máx}} = \frac{1}{n} \left(\frac{w'_1}{w_1} + \frac{w'_2}{w_2} + \dots + \frac{w'_n}{w_n} \right) \quad (2)$$

Os valores de w' foram alcançados pela multiplicação da matriz $A = [a_{ij}]$ pelo vetor de pesos w (Equação 3) (Silva *et al.*, 2004).

$$w' = A \cdot w \quad (3)$$

Para obter o grau de consistência com que a matriz de comparação pareada foi preenchida, Saaty (1977) propôs o cálculo de Índice de Consistência (CI), o qual foi obtido por meio da Equação 4.

$$CI = \frac{\lambda_{\text{máx}} - n}{n - 1} \quad (4)$$

Com o resultado do CI, foi calculada a Razão de Consistência (CR) (Equação 5), que associa o valor de CI com um Índice de Aleatoriedade (RI), obtido por meio do Quadro 2, conforme proposto por Saaty (1987).

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (5)$$

Quadro 2 - Índice de aleatoriedade (RI) de acordo com o número de variáveis (n)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Fonte: Adaptado de Saaty (1987).

Conforme Saaty (1987), valores de CR superior a 0,1 mostra que a matriz de comparação pareada

foi preenchida de forma incoerente e carece de ser reavaliada. Valores inferiores a 0,1 sugerem que a matriz está consistente e os pesos alcançados podem ser aproveitados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A declividade média, adquirida por média aritmética, foi de 14,9% que, de acordo com a classificação da EMBRAPA (2013) representa um relevo ondulado. O valor mínimo adquirido foi de 0% e o máximo de 29,9%.

As informações pedológicas para a área de estudo identificam-se em três classes diferentes nas quais se encontram: ARGISSOLOS VERMELHO – AMARELOS, GLEISSOLOS HÁPLICOS E LATOSSOLOS VERMELHOS, sendo esse último o mais abrangente na área de estudo (Figura 3). Ressalta-se que a classificação brasileira de solos apresenta diferentes nomenclaturas em relação à base de referência mundial realizada pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). Nesse sentido, os ARGISSOLOS correspondem aos ACRISSOLS, GLEISSOLOS aos GLEYSOLS e LATOSSOLOS aos FERRALSOLS (FAO, 2015).

Segundo Pereira (2002), terras acima de 20% de declividade são inadequadas para mecanização em qualquer época do ano.

LATOSSOLOS VERMELHOS são identificados em extensas áreas nas regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste do país, sendo responsáveis por grande parte da produção de grãos do país, pois incidem predominantemente em áreas de relevo plano e suave ondulado, propiciando a mecanização agrícola (Ageitec, 2017).

As áreas com variações de temperatura estão classificadas em quatro classes, que variam entre 18°C a 21°C, sendo sua maior área representada pela temperatura mais elevada. Na parte mais ao sul do município, a temperatura diminui, pois é a área que está mais próxima a divisa do estado do Paraná, onde as temperaturas são mais amenas (Figura 4).

Os registros de pluviosidade anual do município variam de 773 mm a 1425 mm (Figura 4). Na parte

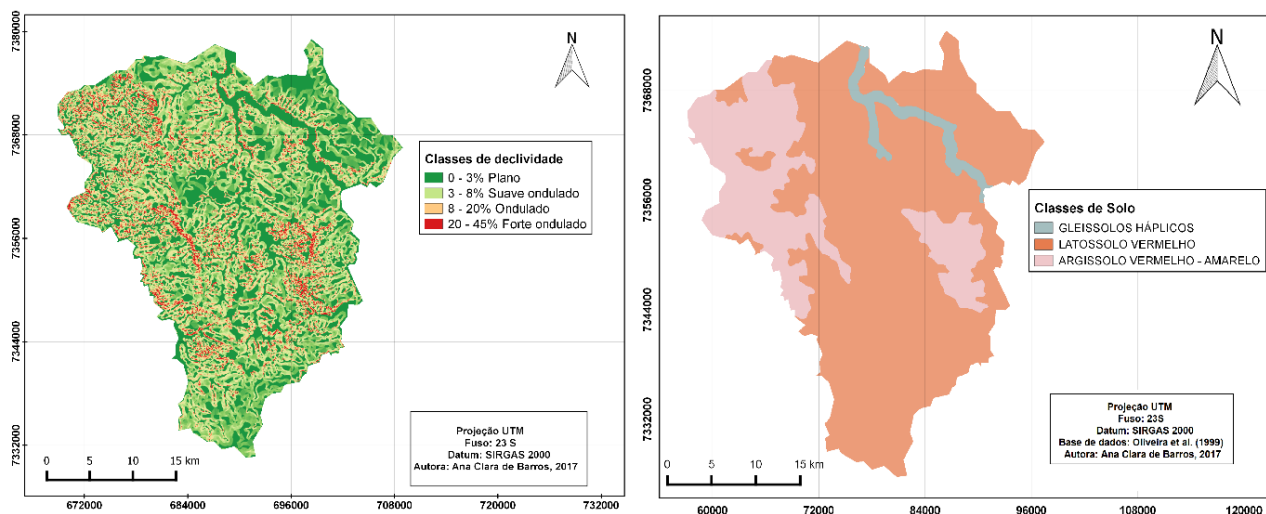


Figura 3 - Identificação das classes de declividade e de solos presentes no município de Itaberá-SP.

sul do município, a pluviosidade é maior, sendo de 1231 mm a 1425 mm. A variação de 773 mm a 1018 mm abrange a maior parte do município que compreende a parte do norte e leste do mesmo.

A temperatura ideal para o desenvolvimento da cultura do milho, da emergência à floração, está na faixa de 24°C e 30°C e, constatou-se que o maior rendimento de grãos é em temperatura de 21°C (Landau *et al.*, 2017). A soja adapta-se melhor às regiões onde as temperaturas oscilam entre 20°C e 30°C incidindo em uma temperatura

ideal para o seu desenvolvimento em torno de 30°C (Farias *et al.*, 2017).

O milho tem sido plantado especialmente no período chuvoso, sendo que a cultura demanda um consumo mínimo de 350 – 500 mm para assegurar uma produção aceitável sem necessidade de irrigação (Sans & Santana, 2000). Para que a soja alcance o máximo rendimento, variam entre 450 a 800 mm/ciclo, dependendo das condições climáticas, do manejo da cultura e da duração do seu ciclo (Farias *et al.*, 2017).

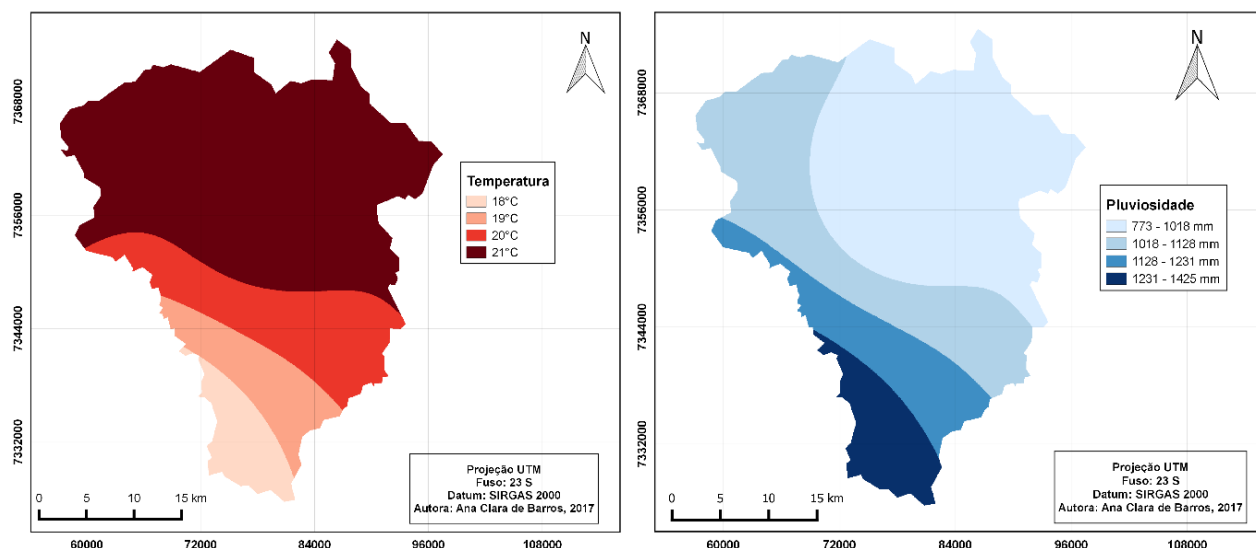


Figura 4 - Identificação das classes de declividade e de solos presentes no município de Itaberá-SP.

Para gerar o mapa de aptidão agrícola, foi utilizada a técnica AHP que necessita do preenchimento da matriz de comparação pareada (Quadro 3) e os fatores foram ponderados para as duas culturas de acordo com a sua importância referente à necessidade da aptidão agrícola.

Quadro 3 - Matriz de comparação pareada para os fatores adotados

	Tipo de solo	Temperatura	Pluviosidade	Declividade
Tipo de solo	1	3,0	5,0	7,0
Temperatura	0,333	1	3,0	5,0
Pluviosidade	0,2	0,333	1	3,0
Declividade	0,143	0,2	0,333	1

$\lambda_{m\acute{a}x} = 4.123$ CI = 0,041 CR = 0,046
 CI = índice de consistência e CR = Razão de consistência

O valor de $\lambda_{m\acute{a}x}$ foi de 4,123, sendo este maior que o número de fatores ($n = 4$). O valor de CR foi de 0,046 (valor inferior a 0,1), indicando que a matriz de comparação pareada foi preenchida de maneira aleatória, não necessitando a sua reestruturação (Saaty, 1987).

As classes de aptidão agrícola foram divididas em quatro categorias, sendo classificadas em alta, média, baixa e restrita. Para uma melhor identificação da Figura 5, estão representadas na Quadro 4, as áreas ocupadas por cada classe.

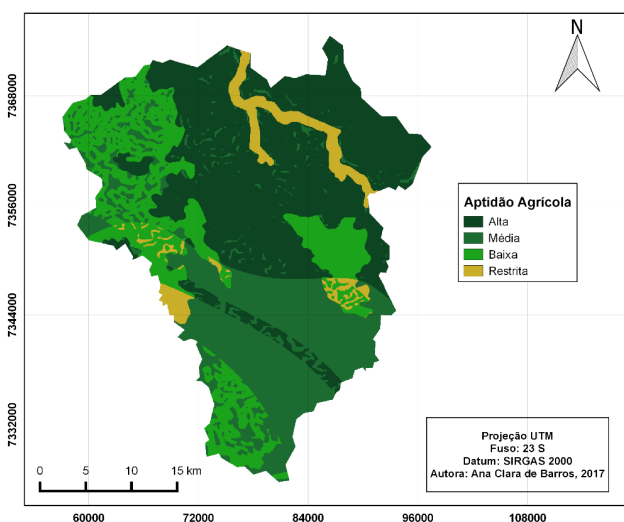


Figura 5 - Mapa de aptidão agrícola do município de Itaberá-SP.

Quadro 4 - Nível de aptidão agrícola e áreas correspondentes

Aptidão Agrícola	Área (ha)	% do total
Alta	46.853,58	43,05
Média	31.951,30	29,34
Baixa	24.078,67	22,12
Restrita	5.979,88	5,49
Total	108.863,43	100

As áreas com alto potencial de aptidão agrícola ocupam 43,05% da área total e representam os locais onde os atributos tipo de solo e temperatura mais favorecem as culturas de milho e soja. Essas culturas são consideradas de verão e por isso, as áreas com temperaturas mais elevadas contribuem para o melhor desenvolvimento e cultivo das mesmas. O fator solo também é importante por apresentar características físicas adequadas para as culturas. Nessas áreas, tem-se o predomínio dos LATOSSOLOS VERMELHOS que são excelentes para a produção de grãos.

A declividade média encontrada no município foi de 14,9% e a ideal para a mecanização agrícola é que a declividade máxima não ultrapasse 12%. Mesmo assim, pode-se afirmar que o município de Itaberá se enquadra em áreas aptas para mecanização da agricultura e das culturas em questão, porém, ressalta-se que existem pequenas restrições de uso, e que estas, estão localizadas em áreas de declividade maior e que se encontram próximas aos cursos de água.

Constata-se que na parte norte do município estão localizadas as áreas com predomínio para agricultura e tem-se também uma distribuição maior de pivôs centrais. Por meio da visualização do mapa de pluviosidade percebe-se que essas áreas apresentam menor índice pluviométrico.

As áreas com médio potencial para aptidão agrícola representam 29,34% do município. Nessas áreas, tem-se uma perda de temperatura, que acaba prejudicando as culturas. Coincidem ainda com o aumento de precipitação que favorece no enchimento dos grãos. Nessas áreas prevalecem os LATOSSOLOS VERMELHOS, que contribuem para obter-se um cultivo adequado.

Na classe indicada com baixa aptidão, com 22,12% da área de estudo, tem-se duas situações diferentes. A primeira, que está localizada na parte central

e oeste do município, apresenta um grau de temperatura considerado bom (21° e 20°C) porém, o tipo de solo é inferior, no caso, os ARGISSOLOS VERMELHO-AMARELOS, sendo este considerado de baixa fertilidade e suscetível a processos erosivos.

A segunda situação, encontra-se mais ao sul do município, e apesar de estar situado em um local que predomina o solo propício ao desenvolvimento de grãos, o fator limitante é por conta da baixa temperatura que chega aos 18°C e desfavorece as culturas. Neste caso, evidencia-se que nada adianta ter um solo rico em nutrientes se as condições climáticas são adversas.

Frente a essas características, essas áreas são utilizadas para pastagens (criação de gados), conservação da vegetação nativa e reflorestamento.

A classe de uso restrita representa 5,49% do município. Tem duas ocorrências, a primeira, localizada em áreas com elevada temperatura poderia ser considerada boa para as culturas se não fosse o tipo de solo que não é favorável. Assim, nessas áreas tem-se os GLEISSOLOS HÁPLICOS que são solos encontrados em áreas úmidas. Essa área é compreendida pelo rio Taquari, considerado um dos maiores rios do município e assim, está

direcionado apenas para a vegetação das Áreas de Preservação Permanente. No segundo, são pequenas áreas localizadas ao leste e oeste do mapa, apresentam um grau de temperatura bom (20°C), o tipo de solo no caso é o ARGISSOLO VERMELHO-AMARELOS, com uma boa quantidade de precipitação. O que inviabiliza o plantio nessas áreas; é a declividade do terreno, que são encontradas na classe de 20 – 45% de declive, considerado áreas forte ondulado, que se tornam inadequadas para a mecanização agrícola.

CONCLUSÕES

A metodologia aplicada de análise multicritério mostrou-se eficaz para a classificação da aptidão agrícola. O método permitiu assegurar que todos os julgamentos realizados foram coerentes, gerando resultados mais confiáveis. A aplicação das técnicas de geoprocessamento, possibilitou a elaboração dos mapas e a realização da análise multicritério em ambiente SIG, que permitiu a criação do mapa final de aptidão agrícola, verificando que a área de estudo apresenta em quase sua totalidade aptidão agrícola para as culturas do milho e soja.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ageitec (2017) – *Solos Tropicais*. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. [cit. 2017-06-02] http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000fzyjaywi02wx5ok0q43a0r9rz3uhk.html
- Bacic, I.L.Z.; Rossiter, D.G. & Bregt, A.K. (2003) – The use of land evaluation information by land use planners and decision-makers: a case study in Santa Catarina, Brazil. *Soil Use and Management*, vol. 19, n. 1, p. 12-18. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2003.tb00274.x>
- Barros, A.C. (2017) – *Análise multicritério aplicada ao zoneamento agrícola do município de Itaberá-SP*. Dissertação de Mestrado. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 89 p.
- Cepagri (2014) – . *Clima dos Municípios Paulistas*. Centro de pesquisas meteorológicas e climáticas aplicadas a agricultura. Unicamp. [cit. 2016-11-15]. http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_251.html
- Corseuil, C.W.; Campos, S.; Ribeiro, F.L.; Pissara, T.C.T. & Rodrigues, F.M. (2009) – Geoprocessamento e sensoriamento remoto aplicado na determinação da aptidão agrícola de uma microbacia. *Revista Irriga*, vol. 14, n. 1, p. 12-22. <http://dx.doi.org/10.15809/irriga.2009v14n1p12-22>
- EMBRAPA (2003) – *Monitoramento por satélite. Banco de dados climáticos do Brasil*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. [cit. 2017-04-30]. <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/bdclima/>
- EMBRAPA (2013) – *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
- FAO (2015) – *World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps*. Update 2015. Rome: IUSS Working Group WRB, FAO, 2015. 192 p. (World Soil Resources Reports, 106). [cit. 2018-11-30]. <http://www.fao.org/3/i3794en/i3794en.pdf>

- Farias, J.R.B.; Neumaier, N. & Nepomuceno, L. (2017) – *Soja*. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. [cit. 2017-03-26]. <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/soja/arvore/CONT000fzr67cri02wx5ok0cpoo6aeh331my.html>
- IBGE (1974) – *Carta topográfica*. Serviço gráfico do IBGE, escala 1:50.000. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. [cit. 2017-03-10]. <https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas>
- INMET (2017) – *Gráficos Climatológicos (1931-1960 e 1961-1990)*. Instituto Nacional de Meteorologia. [cit. 2017-05-20]. http://www.inmet.gov.br/webcdp/climatologia/graf_climatologicos/graf_climatologicos.php
- Landau, E.C.; Magalhães, P.C. & Guimarães, D.P. (2017) – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. *Milho*. [cit. 2017-05-12]. http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_17_168200511157.html
- Lepsch, I.F.; Bellinazzi Jr., R.; Bertolini, D. & Espíndola, C.R. (1991) – *Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso: 4a aproximação*. Campinas: SBCS, 1991. 175 p.
- Meneses, P.R. (2012) – Modelos de cores aplicados às imagens. In: Meneses, P.R. & Almeida, T. (Orgs) – *Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto*. Brasília: UnB, p. 121-137.
- Nicolete, D.A.P. (2015) – Áreas hidrologicamente homogêneas como subsídio ao manejo de bacias hidrográficas. Dissertação de Mestrado. Botucatu, Universidade Estadual Paulista, 76 f.
- Oliveira, J.B.; Camargo, M.N.; Rossi, M. & Calderano Filho, B. (1999) – *Mapa Pedológico do Estado de São Paulo: legenda expandida*. Campinas, Instituto Agrônomo (IAC)/Embrapa Solos.
- Pedron, F.A.; Poelking, E.L.; Ribeiro, R.S.D.; Azevedo, A.C. & Klamt, E. (2006) – A aptidão de uso da terra como base para o planejamento da utilização dos recursos naturais no município de São João do Polêsine – RS. *Revista Ciência Rural*, vol. 36, n. 1, p. 105-112. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-84782006000100016>
- Pereira, L.C. (2002) – *Aptidão agrícola das terras e sensibilidade ambiental: proposta metodológica*. Tese de Doutorado. Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. 122p.
- Pereira, L.C. & Neto, F.L. (2004) – *Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras: proposta metodológica*. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente. 36 p. [cit. 2018-11-30]. http://www.cnpma.embrapa.br/download/documentos_43.pdf
- Pereira Neto, O.C. & Limberger, L. (2002) – Estudo da adequabilidade do uso do solo na área rural, através de técnicas de geoprocessamento. *Revista Geografia*, vol. 20, n. 2, p. 171-183. <http://dx.doi.org/10.5433/2447-1747.2002v11n2p171>
- Ramalho Filho, A. & Beek, K. J. (1995) – *Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras*. 3ª ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPNS. 65 p.
- Ribeiro, M.R. (2007) – Metodologias de avaliação da aptidão agrícola das terras e as variáveis regionais. *Academia Pernambucana de Ciência Agrônoma*, vol. 4, p. 116-125.
- Saaty, T.L. (1977) – A scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, vol. 15, n. 3, p. 234-281. [https://doi.org/10.1016/0022-2496\(77\)90033-5](https://doi.org/10.1016/0022-2496(77)90033-5)
- Saaty, T.L. (1987) – The Analytical Hierarchy Process: what it is and how it is used. *Mathematical Modelling*, vol. 9, n. 3-5, p. 161-176. [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)
- Sampaio, E. (2007) – *Avaliação da aptidão das terras – Método recomendado pela FAO*. Departamento de Geociências. Universidade de Évora, 27p. [cit. 2017-02-10]. <http://home.uevora.pt/~ems/files/Anexo%20B-02.pdf>
- Sans, L.M.A. & Santana, D.P. (2000) – *Embrapa Milho e Sorgo – Sistema de Produção*. [cit. 2017-05-20]. www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_1_ed/clima.htm
- Silva, A.N.R.; Ramos, R.A.R.; Souza, L.C.L.; Rodrigues, D.S. & Mendes, J.F.G. (2004) – *SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e transportes*. São Carlos, p. 71-91.