

PRIORIZAÇÃO DE ÁREAS DE EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR ATRAVÉS DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO PARA O SUDOESTE DE GOIÁS

Daniel Garbellini Duft¹, Ana Claudia dos Santos Luciano¹, Thayse Ap. Dourado Hernandes¹, Manoel Regis Lima Verde Leal¹

¹Laboratório Nacional de Ciência e Tecnologia do Bioetanol (CTBE), Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), CEP 13083-970, Campinas, São Paulo, Brasil. [daniel.duft; ana.luciano; thayse.hernandes; regis.leal]@ctbe.cnpe.br

RESUMO

Com a expectativa de aumento da área de produção de cana-de-açúcar é importante estudar a localização geográfica das áreas mais aptas à expansão, que são dependentes de fatores ambientais, sociais e econômicos e podem ser avaliadas de acordo com diversas abordagens. A Avaliação Multicritério (MCE) é uma abordagem que tem sido utilizada no processo de gerenciamento de decisões em muitas áreas de aplicação e consiste em uma ferramenta de comparação entre diferentes alternativas com base em critérios. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi identificar e mapear as áreas aptas para conversão em cana-de-açúcar, na microrregião do Sudoeste de Goiás, com base em uma análise multicritério combinada com Sistemas de Informação Geográfica. Os resultados mostraram, que 39% da área apta está susceptível a expansão. O trabalho se mostrou bastante promissor e o mapa de priorização de áreas de expansão pode ser usado para orientação de políticas públicas.

Palavras-chave — cana, MCE, PCM, mudança de uso, AHP.

ABSTRACT

Expecting the increase of sugarcane area, it is important to study the geographical location of the more suitable areas for expansion. Suitable areas for expansion are dependent on environmental, social and economic factors and can be assessed according different approaches. Multicriteria Evaluation (MCE) is an approach that has been used in the decision management process in many areas of application and is a tool for alternatives comparison based on criteria, used to synthesize opinions and determine priorities according to the alternatives studied. In this context, the objective of this study was to identify and map areas suitable for sugarcane conversion, in the Goiás Southwestern micro region, and 39% of the area is susceptible to change. The work was very promising, and the area prioritization map can be used as an orientation on public policies.

Key words — cane, MCE, PCM, Landuse Change, AHP.

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a principal fonte de matéria prima para a produção de etanol no Brasil e, nos últimos anos (2000 a 2014), a área destinada à sua produção aumentou em aproximadamente 4,5 Mha, impulsionada principalmente pelo aumento da demanda por biocombustíveis [1]. No entanto, a produtividade dos canaviais tem decrescido desde 2008 em função dos fatores como clima, manejo inadequado e dificuldades financeiras do setor sucroenergético [2]. Desde 2008 é notada uma estagnação no setor, porém a lei Nº 13.576 de 2017, que instituiu a Política Nacional de Biocombustíveis, criou mecanismos de promoção financeira e, desta forma, é esperado um novo avanço na área plantada com cana-de-açúcar [3].

O solo é a principal componente na produção agrícola, especificamente no que diz respeito a geração de alimentos e energia. Sendo assim, para a agricultura, o solo é a fonte de geração de riquezas, o que impacta em benefícios sociais e econômicos. Desta forma, a mudança de uso da terra é essencial para o desenvolvimento econômico e o progresso social [4]. Neste sentido, as análises de mudança de uso da terra são essenciais para monitoramento da expansão da cana-de-açúcar e, portanto, para o planejamento e gestão do setor sucroenergético, de modo a promover uma expansão da produção de cana-de-açúcar de maneira sustentável.

Ao longo dos anos, a expansão do cultivo da cana-de-açúcar no Brasil ocorreu preferencialmente no Cerrado e em áreas de pastagens [5]. Estudos avaliaram o aumento das áreas com cana-de-açúcar olhando para a expansão recente e para os usos da terra que foram substituídos pela cana-de-açúcar neste período [6]. Outros autores estudaram, em contexto nacional, quais seriam as áreas disponíveis para expansão da cana-de-açúcar com a visão de preservar a vegetação nativa [7]. Em geral, os autores utilizaram informações de fontes diversas com dados econômicos e sociais, além dos parâmetros físicos e avaliaram as áreas de expansão de acordo com Avaliação Multicritério.

Com a expectativa de aumento da área de produção de cana-de-açúcar é importante estudar a localização geográfica das áreas mais aptas à expansão. A aptidão depende de fatores ambientais, sociais e econômicos e pode ser avaliada de acordo com diversas abordagens [7]. A Avaliação Multicritério (MCE) é uma abordagem que tem sido utilizada

no processo de gerenciamento de decisões em muitas áreas de aplicação. A MCE consiste em uma ferramenta de comparação entre diferentes alternativas com base em critérios, utilizada para sintetizar opiniões e determinar prioridades de acordo com os objetivos estudados [8]. Um dos métodos mais utilizados na abordagem multicritério são os compensatórios, especialmente a Combinação Linear Ponderada (WLC) [9]. O WLC pode ser aplicado através de qualquer aplicação de Sistemas de Informação Geográfica (SIG) para fins espaciais e tem sido utilizado em estudos de planejamento do uso da terra [5].

Neste contexto, o objetivo deste estudo é identificar e mapear as áreas aptas para conversão em cana-de-açúcar, no sudoeste do estado de Goiás, com base em uma análise multicritério combinada com SIG. Para isso, foi considerado a aptidão física da terra e outros importantes fatores como infraestrutura disponível e critérios socioeconômicos (ambientais?), no processo de priorização.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A área de estudo está localizada na microrregião Sudoeste do estado de Goiás (Figura 1), região onde ocorreu a mais recente expansão da cana-de-açúcar no país. Além disso, a área de estudo possui mais de 3 milhões de hectares de área disponível para expansão, a qual está atualmente ocupada por pastagem e outras culturas agrícolas [3].

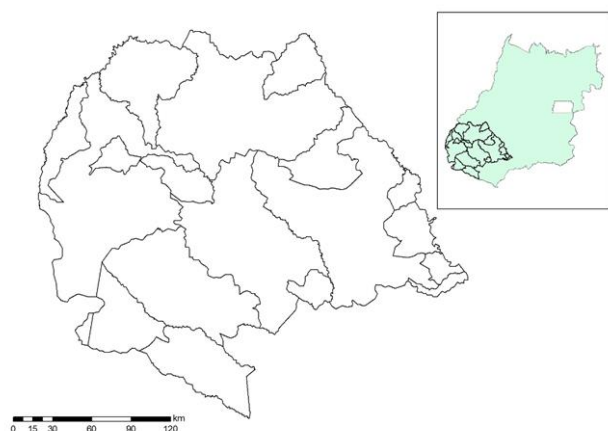


Figura 1: Microrregião do Sudoeste de Goiás

2.2. Avaliação multicritério (MCE)

Os procedimentos de sobreposição de mapas têm um papel central para aplicações SIG somados a Avaliação Multicritério (MCE) [9] auxiliando no planejamento urbano, regional e ambiental [10]. A avaliação multicritério foi feita com base em mapas de distâncias de usinas, distância de estradas, distância de áreas prioritárias para a preservação da biodiversidade e distância de linhas de transmissão de energia, solos, e uso atual. Todo o processo de avaliação foi

feito no software ArcGIS 10.4 com base em processamentos de transformação de vetor para matrizes, cálculos de distância, normalização com função *fuzzy* e calculadora *raster*.

2.3. Dados e áreas disponíveis para expansão

Mapas de declividade foram produzidos com base na altimetria obtida a partir do modelo de terreno digital (MDE) do sensor Aster / Terra. A declividade foi estimada usando a ferramenta "Slope", disponível no ArcGIS. O mapeamento do uso da terra na região estudada foi feito com base no método de máxima verossimilhança (MAXVER), utilizando o software ENVI 5.1, através da classificação automática supervisionada de imagens. Foram utilizadas imagens do sensor OLI do satélite Landsat-8, resolução espacial de 30 metros e bandas espectrais 5 [R], 6 [G] e 4 [B]. As classes mapeadas foram vegetação natural, floresta plantada, cana-de-açúcar, água, pastagens, outras culturas e áreas urbanas.

Para o mapeamento de cursos d'água e Áreas de Preservação Permanente (APP), foram utilizados os dados de drenagem georreferenciados disponibilizados pelo SIEG (Sistema de Informação Georreferenciada do Estado de Goiás) para o estado de Goiás (escala 1: 100,00) e as APPs definidas de acordo com o Código Florestal [11].

Para avaliação da área disponível para a expansão, foi gerado um mapa de restrição baseado nos seguintes fatores: (i) Áreas disponíveis para expansão de cana de acordo com o Zoneamento Agroecológico da cana-de-açúcar (ZAE); (ii) Áreas com declividade iguais ou menores que 12%; (iii) Áreas não classificadas como Áreas de Preservação Permanente; (iv) Áreas em que o uso atual da terra é pastagens e/ou outras culturas (exceto cana-de-açúcar e florestas plantadas). Assim, na microrregião do Sudoeste de Goiás, foram encontrados 3,2 Mha disponíveis para expansão.

2.4. Critérios de priorização das áreas

Para a priorização das áreas foi aplicado o MCE através da metodologia de combinação linear ponderada (WLC). Para isso, foram utilizados os seguintes critérios: distância de áreas prioritárias para a preservação da biodiversidade; distância de usinas; distância de estradas; distância de linhas de transmissão de energia, que podem indicar proximidade de subestações; tipo de solo e; uso atual do solo.

Para os mapas de distância de usinas, distância de estradas, distância de áreas prioritárias para a preservação da biodiversidade e distância de linhas de transmissão de energia, foram utilizados arquivos vetoriais e foram calculadas superfícies de distância euclidiana. Os tipos de solo foram classificados de acordo com [7] em 5 classes, que foram transformadas em arquivo *raster*. Os mapas de uso atual foram transformados em arquivos *raster*. Todos estes mapas foram então normalizados por uma função *fuzzy* linear na escala de 0 a 1.

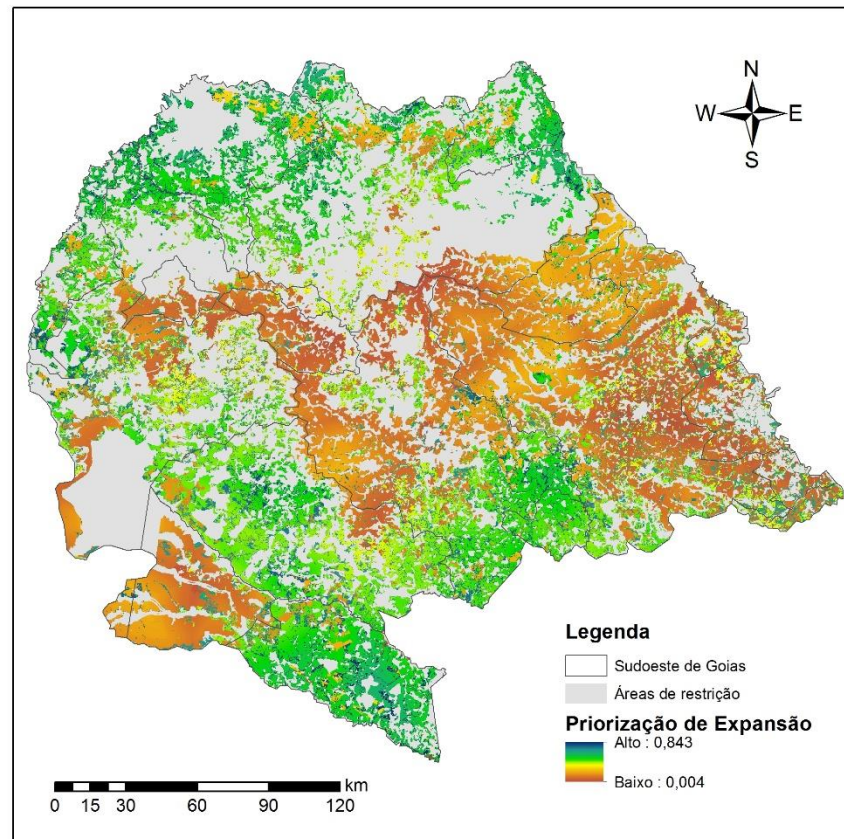


Figura 2: Áreas de priorização de expansão da cana-de-açúcar

oi feita uma seleção de sete especialistas em expansão de cana-de-açúcar, sendo cinco da área acadêmica e dois do setor produtivo. Os especialistas definiram os pesos dos critérios através do o Método de Comparação Pareada (PCM) [13], baseando-se em uma escala contínua, onde o valor 1 indica que dois critérios são "igualmente" importantes e o valor 9 indica que um critério é "extremamente" mais importante que o outro. Os valores das comparações foram inseridos em uma matriz de julgamentos e foi calculado o índice de consistência para garantir a validade da matriz [14]. Com os pesos de cada critério, foi utilizado o Método da Combinação Linear Ponderada na calculadora *raster* do ArcGIS 10.4 e o resultado foi descrito continuamente de alta a baixa prioridade de expansão.

3. RESULTADOS

Para construir a PCM, foi feita a média entre a importância do fator de acordo com a opinião de cada especialista. É importante frisar que houve um consenso dos especialistas sobre a importância dos fatores avaliados. A Tabela 1 mostra os pesos resultantes da matriz de comparação pareada, que teve um índice de consistência de 9%, sendo assim, dentro do padrão aceitável para continuar o processo [14].

Tabela 1. Pesos de cada critério

	Peso	Porcentagem
Uso Atual	0,478	47,80%
Distância de usinas	0,202	20,20%
Tipo de solo	0,124	12,40%
Distância de estradas	0,12	12,00%
Distância de linhas de transmissão	0,043	4,30%
Distância de áreas de importância biológica	0,033	3,30%
	1	100,00%

Através da ferramenta Calculadora *Raster* do ArcGIS 10.4 foi feita a combinação entre todos os critérios e gerado um mapa final de priorização de áreas para a expansão da cana-de-açúcar (Figura 2).

Através do mapa foi possível observar que as áreas com os valores mais altos para a priorização são áreas próximas a áreas inaptas (cinza), que consistem em áreas de preservação permanente ou áreas já cultivadas com cana-de-açúcar.

Em termos de quantidade, 39% dos 3,2 Mha apresentaram valores acima de 0,5 no mapa de priorização, ou seja,

somente pouco mais de 1 milhão de hectares nesta microrregião apresenta alta susceptibilidade à expansão.

4. DISCUSSÃO

Apesar de efetiva [7], a única medida governamental vigente que regula o uso da terra para cana-de-açúcar é o Zoneamento Agroecológico (ZAE), que já tem mais de dez anos. Dessa forma, o ZAE necessita de uma revisão com auxílio de técnicas mais criteriosas e informações atualizadas.

Como um dos critérios de maior peso para a priorização de áreas foi o uso atual, este pode ter sido uma das razões de somente 39% da área disponível apresentar alta susceptibilidade a expansão da cana-de-açúcar, uma vez que grande parte da região possui culturas anuais como uso atual. De modo geral, áreas consideradas com maior prioridade para a expansão se encontram próximas as áreas com cultivo de cana-de-açúcar muito provavelmente pela proximidade com as unidades industriais. Ainda, áreas com cultivo de cana-de-açúcar e áreas de preservação permanente geralmente apresentam tipo de solo favorável ao cultivo agrícola.

Para que a expansão futura da cana-de-açúcar para fins energéticos seja pautada em uma produção sustentável, sem desmatamento e com mínimo impacto na segurança alimentar, estes estudos são essenciais no sentido de direcionar a expansão da cultura para áreas mais sustentáveis do ponto de vista econômico, social e do uso de recursos naturais.

5. CONCLUSÕES

A avaliação de áreas com maior aptidão de expansão da cana-de-açúcar pode ser feita de acordo com critérios físicos e com base em técnicas de avaliação de multicritérios. Esse tipo de avaliação mostra-se bastante importante para dar subsídio a políticas públicas e até mesmo para guiar grandes grupos para a priorização de áreas.

A avaliação multicritério auxiliou na discussão de um tema complexo e que diverge em opiniões para que pudesse ser tratado de forma objetiva. Sendo assim, os resultados deste trabalho são reflexo de uma série de avaliações rastreáveis e auditáveis. Além disso, a espacialização das áreas aptas baseadas na MCE torna o resultado da avaliação visível e geograficamente localizado, de modo a facilitar e, de fato, direcionar possíveis incentivos para garantir uma expansão mais sustentável.

6. REFERÊNCIAS

[1] IBGE. Produção Agrícola Municipal – Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br/cgi-bin/prtabi>. Acesso em 30 jul. 2018.

[2] Walter A., Galdos M.V., Scarpate F.V., Leal M.R.L.V., Seabra J.E.A., da Cunha M.P. “Brazilian sugarcane ethanol: developments so far and challenges for the future”. WIREs Energy Environment. v. 3, n.1, p. 70-92, 2014.

[3] Manzatto, C. V.; Assad, E. D.; Baca, J. F. M.; Zaroni, M. J.; Pereira, S. E. M. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 55 p. (Série Documentos, 110). 2009.

[4] Wu, Z., Lin, Q., Lu, G., He, H. E Qu, J. J. “Analysis of hydrological drought frequency for the Xijiang River Basin in South [5] China using observed streamflow data”. Nat Hazards, 77,3, pp. 1655-1677. 2015.

[6] Machado P.G., N. Rampazo, Picoli, M.C.A. Miranda C.G., Duft D.G., de Jesus K. “Analysis of socioeconomic and environmental sensitivity of sugarcane cultivation using a Geographic Information System”, Land Use Policy 69 pp. 64-74. 2017.

[7] Guimarães, L., Turetta, A. and Coutinho, H. “Uma proposta para avaliar a sustentabilidade da expansão do cultivo da cana-de-açúcar no estado do Mato Grosso do Sul”. Sociedade & Natureza, 22, pp.313-327. 2010.

[8] Alkimin, A., Sparovek, G., Clarke, K.C. “Converting Brazil's pastures to cropland: An alternative way to meet sugarcane demand and to spare forestlands”. Applied Geography, 62, pp. 75-84. 2015.

[9] Duarte, C. G.; Malheiros, T. F. “Sustentabilidade e políticas públicas para o setor sucroenergético: uma análise dos temas abordados”. Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade, v. 4, n. 3, p. 122-138, 2015.

[10] Malczewski, J.; Rinner, C. “Multicriteria decision analysis in geographic information science”. Springer, pp.331. 2015.

[11] Brail, R.K., Klosterman, R.E. “Planning Support Systems”, ESRI Press, Redlands, CA. 2010.

[12] Planalto. Lei 12727 – Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/L12727.htm. Acesso em 20 mai. 2018.

[13] Saaty, T.L., “The analytic hierarchy process”, McGraw-Hill, New York. 1980.

[14] Saaty, T. L. “Método de Análise Hierárquica”, Makron Books do Brasil Editora Ltda. 1991.