



**SOLOS
FRÁGEIS**

**CARACTERIZAÇÃO, MANEJO E
SUSTENTABILIDADE**

Selma Simões de Castro

Luis Carlos Hernani

Editores Técnicos



Embrapa

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Solos
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

SOLOS FRÁGEIS: CARACTERIZAÇÃO, MANEJO E SUSTENTABILIDADE

*Selma Simões de Castro
Luís Carlos Hernani
Editores Técnicos*

*Embrapa
Brasília, DF
2015*

Capítulo 5

Cenários para expansão da cana-de-açúcar no Sudoeste Goiano - estudo de caso de Mineiros

Joyce Maria Guimarães Monteiro; Elaine Cristina Cardoso Fidalgo

Introdução

A produção de bioenergéticos é uma tendência mundial, configurada, principalmente, pela importância da diversificação da matriz energética e pelo impacto das mudanças climáticas globais. O Brasil apresenta vários diferenciais que o tornam altamente competitivo para atender à crescente demanda interna por biocombustíveis derivados do cultivo da cana-de-açúcar.

O setor sucroalcooleiro brasileiro destaca-se pelo aproveitamento energético do bagaço da cana-de-açúcar (cogeração de energia), que permite sua autossuficiência energética e a comercialização dos excedentes no mercado (BRASIL, 2014). Além disso, observa-se a predominância de unidades industriais mistas de fabricação de açúcar, álcool etílico (CONAB, 2013) e o recente desenvolvimento tecnológico para aproveitamento do bagaço, da palha e das pontas da cana-de-açúcar na produção do etanol de segunda geração, ou celulósico e outros bioprodutos (MATOS, 2012).

Pelo lado da oferta de matéria prima, o Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (CONAB, 2015). O cultivo da cana-de-açúcar continua em franca expansão no País, ocupando aproximadamente nove milhões de hectares, com uma produção em torno de 650 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra de 2014/2015 (CONAB, 2015). Estima-se que a área colhida de cana-de-açúcar no País passará de 8,7 Mha em 2014 para 10,6 Mha em 2023 (BRASIL, 2014).

A perspectiva é de crescimento da participação do biocombustível etanol na matriz energética de transportes. O etanol carburante hidratado (teor alcoólico de 95%) é utilizado diretamente como combustível nos veículos de motores *flex*. O etanol anidro (teor alcoólico de 99,5%) é usado em mistura à gasolina, atualmente, na proporção de 25% (BRASIL, 2014). A produção de etanol total da safra 2014/2015 é estimada em 28,66 bilhões de litros, estando concentrada na região Centro-Sul, responsável por 92,93% do total produzido no País, principalmente nos estados de São Paulo (48,61%), Goiás (14,41%), Minas Gerais (10,25%) e Mato Grosso do Sul (9,02%). Desse total, 11,80 bilhões de litros deverão ser de etanol anidro e 16,86 bilhões de litros de etanol hidratado (CONAB, 2015). A projeção é que a produção de etanol nacional aumente de 27,6 para 47,3 milhões de m³ no período de 2013 a 2023 (BRASIL, 2014).

A produção de cana-de-açúcar deve se expandir a taxas elevadas nos estados de São Paulo, Paraná, Mato Grosso, Minas Gerais e Goiás. Entretanto, enquanto em São Paulo a produção e a área plantada devem aumentar em cerca de 30% até 2021, no Estado de Goiás o aumento deverá atingir 42% (BRASIL, 2013). De fato, no Estado de Goiás a expansão do cultivo de cana-de-açúcar para alimentação das indústrias sucroalcooleiras está em ritmo acelerado de crescimento, ocupando grandes áreas agrícolas. O estado é segundo maior produtor brasileiro de etanol e o quarto produtor de açúcar (CONAB, 2013). A partir dos dados da área cultivada com cana-de-açúcar disponíveis no Canasat (2015), pode-se constatar que houve um aumento da área cultivada em 304% no período de 2006 a 2013, totalizando mais de 800 mil hectares em Goiás em 2013. A região do Sudoeste Goiano é considerada a nova fronteira de expansão do cultivo de cana-de-açúcar.

No entanto, se, por um lado, o Estado de Goiás apresenta vantagens comparativas para a expansão da cana-de-açúcar relacionadas ao clima, à disponibilidade de terra e a tecnologias de ponta, além de políticas de incentivos (SILVA; PEIXINHO, 2012), por outro, é desejável que essa expansão ocorra de acordo com os princípios da sustentabilidade socioambiental, considerando as questões associadas à redução dos impactos sobre o meio ambiente.

Nessa linha, o principal instrumento político disponível atualmente é o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-Açúcar – ZAE Cana (MANZATTO et al., 2009), que prevê a regulação governamental da expansão do plantio de cana-de-açúcar levando em conta as áreas prioritárias para expansão de acordo com a aptidão agrícola e as restrições ambientais.

O objetivo deste capítulo é apresentar um cenário exploratório de expansão sustentável de cana-de-açúcar para a produção do etanol no Município de Mineiros, localizado na Região de Planejamento Sudoeste Goiano – RPSG. O ZAE Cana é o instrumento utilizado para elaborar os cenários de expansão do cultivo de cana-de-açúcar no período de 2014 a 2023. São apresentados alguns aspectos da dinâmica da expansão do cultivo de cana-de-açúcar no município, como as áreas de expansão de cana em relação ao uso e à ocupação do solo como um todo e em relação aos diferentes tipos e classes de solos e seus principais aspectos de fragilidade.

Por último, com o objetivo de ressaltar o potencial de mitigação de Gases de Efeito Estufa (GEE), levando em conta os cenários elaborados, serão apresentadas estimativas da produção de etanol e do potencial de redução de emissões de GEE (emissões evitadas) pela produção e uso do etanol como combustível veicular.

Estudo de caso – Município de Mineiros, GO

O Município de Mineiros está localizado na região Centro-Oeste do Brasil, na mesorregião do Sul Goiano, na microrregião do Sudoeste Goiano, inserido na região de Planejamento Sudoeste Goiano – RPSG (SEGPLAN-GO)¹ e distante cerca de 420 km de Goiânia. Seu território abrange uma área de 9.060,091 km² e abriga uma população de 60.464 habitantes (IBGE, 2014a). Seus municípios limítrofes são: Jataí, Santa Rita do Araguaia, Portelândia, Serranópolis, Chapadão do Céu, Perolândia, Caiapônia, Doverlândia e Alto Taquari (todos no estado de Goiás); Alto Araguaia em Mato Grosso; e Costa Rica no Mato Grosso do Sul.

Quanto à utilização de terras, de acordo com o censo agropecuário (IBGE, 2006), são 1.228 estabelecimentos rurais que ocupam uma área de 650.553 ha, sendo principalmente pastagens (55%), lavouras temporárias (19%) e matas (18%). O perfil agropecuário é marcado pela predominância da pecuária. De acordo com dados do IBGE, havia 341 mil cabeças de bovinos, 7.700 suínos e 1,9 milhões de galináceos no município em 2012 (IBGE, 2014c). Na cidade há uma estrutura de engorda e abate de aves, além de um frigorífico de bovinos com capacidade para abater 1,2 mil cabeças por dia.

Quanto às lavouras temporárias, como pode ser observado na Figura 1, a soja se destaca pela ocupação do solo, com mais de 100 mil hectares, seguida pelo milho, com cerca de 50 mil hectares, e do algodão, que vem perdendo importância no município, mas ainda ocupava cerca de 10 mil ha em 2012 (IBGE, 2014b).

¹ A RPSG é composta por 26 municípios: Acreúna, Aparecida do Rio Doce, Aporé, Cachoeira Alta, Caçu, Castelândia, Chapadão do Céu, Gouvelândia, Itajá, Itarumã, Jataí, Lagoa Santa, Maurilândia, Mineiros, Montividiu, Paranaiguara, Perolândia, Portelândia, Quirinópolis, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Santa Rita do Araguaia, Santo Antônio da Barra, São Simão, Serranópolis e Turvelândia.

Mais informações no site da SEGPLAN/IMB – Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento / Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos de Goiás (<http://www.seplan.go.gov.br/sepin/index.asp>).

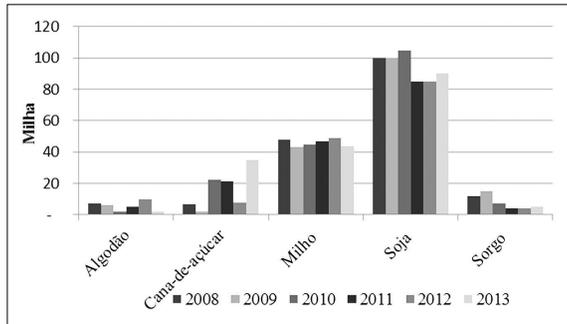


Figura 1. Área colhida das principais lavouras agrícolas temporárias no Município de Mineiros (GO), 2008 a 2013.

Fonte: IBGE (2014b).

Dos municípios da região, os que possuem usinas instaladas são: Acreúna, Aporé, Chapadão do Céu, Jataí, Montividiu, Mineiros, Quirinópolis, Portelândia, Rio Verde, Santa Helena de Goiás, Serranópolis e Turvelândia. A área total cultivada com cana-de-açúcar nessa região foi de 475 mil ha em 2013, representando cerca de 50% do cultivo canavieiro do estado. De acordo com dados do Canasat (2015), o Município de Quirinópolis detém a maior área cultivada com cana-de-açúcar do Estado de Goiás, com cerca de 70 mil ha ou 15% do total cultivado em 2013, seguido pelo Município de Mineiros, com cerca de 50 mil ha, equivalente a 11% do total cultivado na Região de Planejamento do Sudoeste Goiano. A ocupação do solo com o cultivo da cana-de-açúcar é recente no Município de Mineiros. Somente a partir de 2008, o cultivo canavieiro começou a ganhar expressão no município.

No ano de 2007, teve início a implantação, no município, da Usina Breco – Companhia Brasileira de Energia Renovável, denominada de Morro Vermelho. Inaugurada em agosto de 2010, a unidade Morro Vermelho atualmente pertence ao Grupo Odebrecht Agroindustrial (antiga ETH Bioenergia). A unidade é dedicada à produção de álcool etílico (etanol anidro e hidratado) e energia, tendo como capacidade instalada 340 milhões de litros de etanol e 349 mil Mwh de energia (cogeração a partir de biomassa). Além dessa unidade, o Grupo Odebrecht Agroindustrial detém mais três unidades agroindustriais dedicadas exclusivamente à produção de etanol e energia (cogeração) em municípios

limítrofes a Mineiros. São elas: Água Emendada, em Perolândia, GO; Alto Taquari, em Alto Taquari, MT; e Costa Rica, em Costa Rica, MS.

As condições edafoclimáticas, a disponibilidade de áreas para o cultivo e as políticas governamentais, tanto em nível federal como estadual, estão entre os principais fatores de atração para a implantação, expansão e revitalização das indústrias do setor sucroalcooleiro na região (SILVA; PEIXINHO, 2012). Cabe ressaltar algumas políticas de ordenamento e incentivo que atuam no desenvolvimento do setor agroindustrial de Goiás. O Programa de Desenvolvimento Industrial de Goiás (Produzir) fornece incentivos fiscais para as indústrias do setor, como, por exemplo, a prorrogação de 70% do ICMS, por um prazo de até 25 anos, incluindo a possibilidade da participação acionária do Estado de Goiás (Lei nº 13.591/2000). Também o Plano Estratégico de Desenvolvimento do Centro-Oeste 2007-2020 (PEDCO), criado pelo Ministério da Integração Nacional, permite financiamentos do Fundo Constitucional do Centro-Oeste (FCO) e do Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) com o objetivo de fortalecer a economia do Centro-Oeste.

Por fim, o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ZAE Cana) objetiva fornecer subsídios técnicos para formulação de políticas públicas, visando ao ordenamento da expansão e à produção sustentável de cana-de-açúcar no território brasileiro (MANZATTO et al., 2009). O ZAE Cana é parte da política agrícola do Ministério de Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a contratação de crédito de custeio e seguro agrícola.

Aspectos do cultivo da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) é uma planta da família *Poaceae* (gramínea) que se adapta muito bem às regiões de clima tropical, possibilitando a produção em escala econômica em uma grande porção territorial brasileira, do nível do mar até um pouco mais de 1.000 m de altitude (CONAB, 2013). A produtividade e o teor de sacarose da cana-de-açúcar são fortemente influenciados pelas condições climáticas, indicando que a temperatura ideal para seu desenvolvimento é entre 20 e 32°C, com precipitação acumulada acima de 1.000 milímetros por ano durante a fase de crescimento e temperaturas mais amenas e baixa disponibilidade de água na fase de maturação e colheita (MAGALHÃES, 1987).

Os solos ideais para o desenvolvimento da cana-de-açúcar devem ser bem arejados e profundos, com boa retenção de umidade, alta fertilidade e pH próximo à neutralidade (ROSSETTO et al., 2004). A declividade ideal do terreno fica entre 2 e 5%, pois em terrenos completamente planos pode ocorrer necessidade de drenagem e, para a colheita mecânica, é exigido no máximo 12% declividade (MANZATTO et al., 2009).

O plantio da cana-de-açúcar pode ser realizado no final das chuvas (cana de ano e meio) ou no início das chuvas (cana de ano), mesmo frequente no País, devido ao menor rendimento agrícola (CONAB, 2013). A denominação cana-planta refere-se ao primeiro ciclo da cultura, ou seja, do plantio ao primeiro corte. Do primeiro corte em diante, a cana-de-açúcar é conhecida como cana-soca. Em média, a cana-soca permite cinco cortes a cada doze meses (independente da variedade). Assim, o ciclo produtivo da cana-de-açúcar é de seis anos (semiperene), quando, então, é realizado um novo plantio, chamado de renovação ou reforma do canavial. As áreas são cultivadas próximas às usinas (até 30 km de distância), e a maioria das usinas produz por conta própria ou em esquema de integração². Tipicamente, a expansão da área de plantio comercial com cana-de-açúcar é devido ao aumento da capacidade das unidades produtivas e/ou a instalação de novas unidades industriais.

Dependendo da fonte, CONAB, IBGE e Canasat, os dados de área cultivada com cana-de-açúcar diferem um pouco em função das metodologias utilizadas para o levantamento. Os dados da área de cultivo anual da cana-de-açúcar geralmente se referem às áreas de corte do canavial, que é diferente da área total de cultivo, que, por sua vez, corresponde à soma das áreas de corte e das áreas dos canaviais que não foram cortadas, seja porque são áreas que foram plantadas com cana-planta de ano e meio, seja por outro motivo.

Neste trabalho, serão utilizados os dados de área total cultivada com cana-de-açúcar do Canasat, capitaneado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Esse projeto vem usando imagens do satélite Landsat

² Uma parte importante da cana-de-açúcar é cultivada em terras arrendadas de terceiros pela indústria sucroalcooleira ou em terras adquiridas pelas usinas (esquema de integração). Nesses sistemas, as usinas exercem controle sobre a produção canavieira do plantio até a colheita, sendo o transporte da cana-de-açúcar madura realizado também pelas unidades de produção, de acordo com a sua programação de moagem.

desde 2003 e técnicas de processamento digital para mapear anualmente áreas cultivadas com cana-de-açúcar na escala 1:50.000 na região Centro-Sul (RUDORFF et al., 2010).

Cenários – Aspectos teóricos e metodológicos

Um cenário pode ser entendido como uma configuração de um sistema ou situação que se deseja conhecer e avaliar, sempre vinculada a um período de tempo, com o objetivo de aumentar a compreensão do funcionamento do sistema e a seleção de opções mais plausíveis de futuro. Os cenários podem ser *normativos*, quando se aproximam das aspirações do decisor em relação ao futuro plausível, ou *exploratórios*, quando se caracterizam em futuros possíveis ou prováveis, a partir da realidade presente (BUARQUE, 2003).

Neste trabalho, foi elaborado um cenário exploratório da expansão do cultivo de cana-de-açúcar para a produção do etanol no Município de Mineiros, já citado, para o período de 2014 a 2023, considerando que a expansão do plantio ocorrerá nas áreas aptas ao cultivo, conforme preconizado pelo Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ou simplesmente ZAE Cana) (MANZATTO et al., 2009).

O ZAE Cana é um estudo feito para todo o território nacional visando avaliar, indicar e espacializar as áreas aptas à expansão da cultura em regime sequeiro (sem irrigação plena) para a produção de etanol e açúcar, como base para o planejamento do uso sustentável das terras, em harmonia com a biodiversidade (MANZATTO et al., 2009). A espacialização é disponibilizada na escala 1:250.000.

As áreas de restrição para o cultivo da cana-de-açúcar no ZAE Cana são as terras com declividade superior a 12% (inadequadas para mecanização); áreas cobertas por reflorestamento, vegetação nativa, dunas e afloramento de rochas; e, ainda, áreas de proteção ambiental, terras indígenas, áreas urbanas e de mineração. Em relação às limitações climáticas, as áreas não indicadas são as que se enquadram em parâmetros que caracterizam carência térmica ou alto risco de geada, necessidade de irrigação intensiva ou excesso de água com prejuízo para maturação e colheita.

Considerando os critérios climáticos, as áreas indicadas apresentam temperatura média anual maior que 19°C, Índice de Satisfação das Necessidades de Água (ISNA) maior que 0,6, risco de geada menor que 20% e deficiência hídrica menor que 200 mm. A avaliação da aptidão considera, ainda, seis fatores de limitação, a saber: (i) deficiência de fertilidade; (ii) deficiência de água; (iii) excesso de água ou deficiência de oxigênio; (iv) suscetibilidade à erosão; (v) impedimentos à mecanização; e (vi) impedimento ao sistema radicular. As terras são classificadas em Preferencial (P), Regular (R), Marginal (M) ou Inapta (IN).

Para o desenvolvimento dos cenários, além do ZAE Cana, foram utilizados os dados do monitoramento da cana-de-açúcar do Canasat (RUDORFF et al., 2010) nos anos de 2005 a 2013 e o limite do Município de Mineiros, proveniente do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás (SIEG). O mapeamento do uso e cobertura da terra do SIEG dos anos 2005 e 2010 e o mapeamento dos solos do município (NUNES, 2015) foram utilizados para a caracterização dos principais usos e tipos de solo atingidos pela expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Município de Mineiros.

Todos os dados secundários utilizados foram fornecidos em formato vetorial e estavam georreferenciados. Utilizou-se o programa ARCGIS®, versão 10.2, da ESRI³ para sua integração e análise. Inicialmente, os dados foram transformados para projeção polícônica, *datum* SAD69, e recortados segundo o limite do Município de Mineiros.

A análise teve como objetivo a identificação das áreas anualmente destinadas à cana-de-açúcar no período de 2003 a 2013, identificando sua ocorrência em relação à aptidão das terras. Para tal, foram integradas as classes provenientes:

- do ZAE Cana: as áreas de aptidão preferencial (P) e restrita (R), bem como as áreas sem aptidão (X);
- do Canasat: área total cultivada com cana-de-açúcar.

O período utilizado neste estudo (2003 a 2013) está relacionado à disponibilidade de dados da expansão da cultura de cana-de-açúcar fornecidos

³ Informações sobre o programa ARCGIS®, acessar o site <http://www.esri.com/software/arcgis>.

pelo Canasat. No entanto, no Município de Mineiros, somente a partir do ano de 2008 as áreas destinadas ao cultivo de cana foram registradas. Por conseguinte, para o desenvolvimento do cenário, foram consideradas como referência as áreas ocupadas com o cultivo de cana-de-açúcar em Mineiros no período de 2008 a 2013.

Inicialmente, foi calculada a área ocupada com o cultivo de cana-de-açúcar anualmente por classe de aptidão (P, R e X). Em seguida, foi calculada a taxa relativa de crescimento da área destinada à cana-de-açúcar por ano em relação a cada classe de aptidão, utilizando a Equação 1.

$$T_i = \frac{c_{ix} - c_{ix-1}}{P_i - c_{x-1}} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

T_i = taxa anual de crescimento da área destinada à cultura na classe de aptidão i ;

c_{ix} = área de cana na classe de aptidão i no ano x ;

c_{ix-1} = área de cana na classe de aptidão i no ano anterior; e

P_i = área total da classe de aptidão i .

Portanto, a taxa anual de crescimento corresponde ao aumento da área destinada à cultura de cana-de-açúcar em determinado ano em relação à área não ocupada por cana-de-açúcar nesse ano na classe de aptidão considerada.

De forma complementar, o mesmo procedimento de cálculo do aumento das áreas de cana-de-açúcar e estimativa da taxa anual de crescimento foi realizado para a área no Município de Mineiros, com distância de até 30 quilômetros (*buffer*) da localização das usinas do Grupo Odebrecht Agroindustrial: Morro Vermelho, em Mineiros (GO); Água Emendada, em Perolândia (GO); Alto Taquari, em Alto Taquari (MT); e Costa Rica, em Costa Rica (MS).

Utilizando as taxas de crescimento da cana-de-açúcar no município e no *buffer* de 30 km, foram elaborados cenários de crescimento da cultura para o ano de 2023. Três cenários foram estabelecidos:

- no primeiro cenário, considerou-se que a taxa média de crescimento da cultura da cana-de-açúcar em cada classe de aptidão do ZAE Cana (P, R e X) se manterá constante;
- no segundo cenário, considerou-se que não haveria aumento da área destinada à cana-de-açúcar nas zonas sem aptidão (X); e
- no terceiro cenário, considerou-se o fim do cultivo de cana-de-açúcar nas zonas sem aptidão (X).

A expansão da cana-de-açúcar em Mineiros, GO e cenários para 2023

Em 2013, o Município de Mineiros apresentava aproximadamente 51.000 ha de cultivo de cana-de-açúcar. Na Figura 2, é possível visualizar a evolução da área de cana-de-açúcar no município a partir de 2008, ano em que se iniciou o cultivo. Em 2008, havia cerca de 3.000 ha ocupados com cana-de-açúcar e, em 2009, um pouco mais de 15.500 ha. O aumento da área plantada na safra de 2008/2009 pode estar relacionado ao plantio de cana-de-açúcar após o início da implantação da usina agroindustrial Morro Vermelho, que ocorreu em 2007. A partir daí, houve um aumento da área de cultivo bastante acentuado.

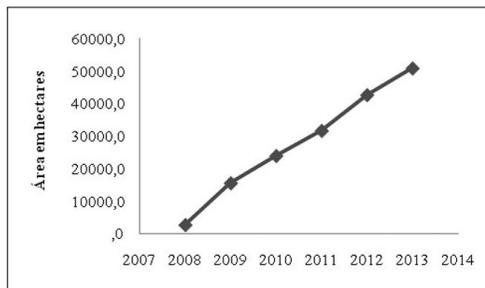


Figura 2. Área total ocupada com cana-de-açúcar no período de 2008 a 2013 em Mineiros, GO.

Fonte: Canasat (2015).

Ao analisarmos as áreas de expansão de cana-de-açúcar nos anos de 2008, 2009 e 2010, comparando-as ao uso e cobertura da terra em 2005, vemos que

em torno de 55% da expansão nesse período ocorreu em áreas de agricultura e 40% em áreas de pastagem. A mesma relação foi observada para as áreas de expansão de cana-de-açúcar de 2011, 2012 e 2013, comparando-as ao uso e cobertura da terra em 2010 (Figura 3).

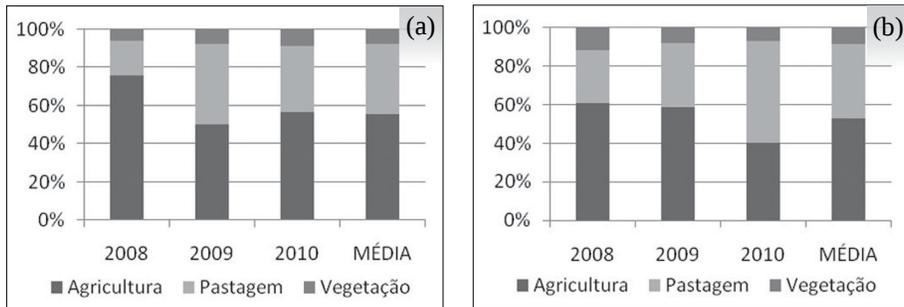


Figura 3. Expansão do cultivo de cana-de-açúcar em relação às classes de uso e ocupação da terra no Município de Mineiros, GO: a) em relação a 2005, no período de 2008 a 2010; e b) em relação a 2010, no período de 2011 a 2013.

Fonte: Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás – SIEG.

A área total mapeada pelo ZAE Cana no Município de Mineiros soma 904.571 ha, sendo que a maior parte (525.800 ha) são áreas sem aptidão (Figura 4).

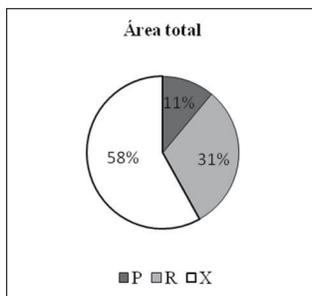


Figura 4. Porcentagem de áreas com aptidão agrícola preferencial (P), restrita (R) e sem aptidão (X), mapeadas no ZAE Cana no Município de Mineiros, GO.

Fonte: Manzatto et al. (2009).

A análise da distribuição das áreas de cana-de-açúcar por classe de aptidão agrícola do ZAE Cana no Município de Mineiros e no *buffer* de 30 km (Figura 4) evidencia que o cultivo ocorre preferencialmente em áreas de aptidão restrita, seguidas de áreas de aptidão preferencial e sem aptidão.

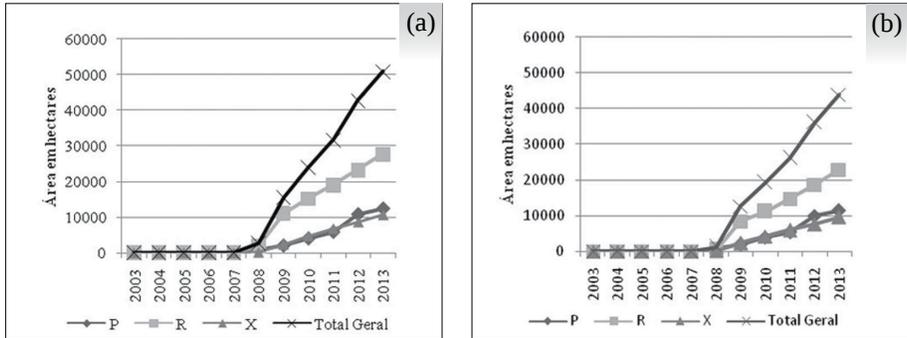


Figura 5. Áreas ocupadas com cana-de-açúcar por classe de aptidão agrícola do ZAE Cana (P – preferencial, R – restrita, X – sem aptidão) no período de 2003 a 2013 em a) Mineiros, GO; e b) área de 30 km ao redor das usinas da região.

Fonte: Canasat (2015) e Manzatto et al. (2009).

Na Figura 6, é apresentada a taxa relativa de crescimento anual da área ocupada pela cultura da cana-de-açúcar por classe do ZAE Cana no Município de Mineiros no período de 2003 a 2013, considerando toda a área do município e a área de 30 km ao redor das usinas da região.

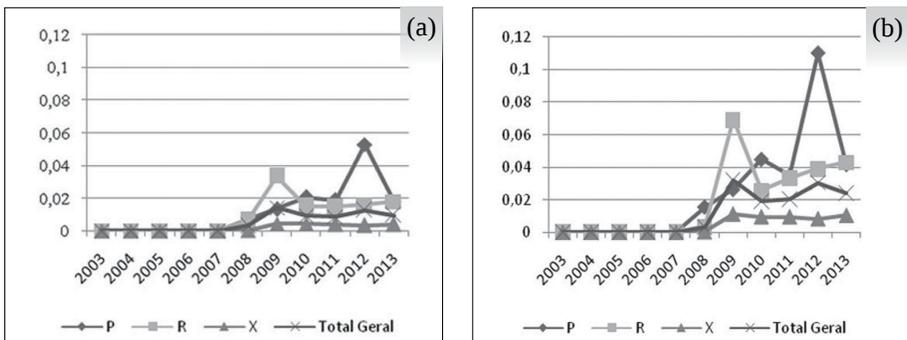


Figura 6. Taxa relativa de crescimento anual da área ocupada pela cultura da cana-de-açúcar por classe do ZAE Cana (P – preferencial, R – restrita, X – sem aptidão) no período de 2003 a 2013 em a) Mineiros, GO; e b) área de 30 km ao redor das usinas da região.

No município, houve um crescimento, em média, de 2,2% e 1,7% ao ano nas classes de aptidão agrícola preferencial e regular, respectivamente. Praticamente não houve crescimento nas áreas ocupadas por cana-de-açúcar nas áreas sem aptidão (X). No entorno das usinas, as taxas de crescimento foram maiores: de 4,6%, 3,5% e 0,8% nas áreas de aptidão preferencial, regular e sem aptidão, respectivamente.

Nota-se, na Figura 6, que houve um pico de crescimento de plantio de cana-de-açúcar nas áreas regulares de aptidão agrícola no ano de 2009 e nas áreas de aptidão preferencial no ano de 2012. O pico de 2009 ocorre após a implantação da usina Morro Vermelho. As taxas de crescimento em áreas de aptidão preferencial, se sobrepondo às taxas de crescimento em áreas de aptidão restrita, são observadas após 2009, ano em que houve a publicação do ZAE Cana.

As áreas de cana-de-açúcar ocorrem em diferentes tipos de solos, com diferentes tipos de limitação ao uso, como indicado na Tabela 1. Observa-se que o cultivo da cana ocorre predominantemente em Latossolos e Neossolos Quartzarênicos, sendo apontadas como principais limitações ao uso agrícola a baixa fertilidade. Porém, deve-se destacar a grande ocorrência de solos de textura arenosa, que são mais suscetíveis à erosão, têm restrita capacidade de armazenamento de água disponível e podem apresentar sérios problemas de lixiviação de nitratos e sulfatos, o que configura grande potencial de poluição dos recursos hídricos. Solos litólicos e hidromórficos, que apresentam limitações ao uso devido aos problemas de drenagem, também são utilizados, embora em menor extensão, para o cultivo da cana-de-açúcar.

Tabela 1. Área ocupada por cana-de-açúcar nos diferentes tipos de solos em Mineiros, GO, e as principais limitações ao uso.

Área de cana-de-açúcar (ha)	Tipo de solo e classe textural	Limitações
12034,65	Latossolo Vermelho Distrófico – textura argilosa a muito argilosa	Baixa fertilidade natural e baixa quantidade de água disponível às plantas e a susceptibilidade à compactação.
11020,90	Latossolo Vermelho Álico – textura média	Baixa fertilidade natural, toxidez devido ao alumínio impede desenvolvimento radicular.
10235,11	Neossolo Quartzarênico Órtico – textura arenosa	Baixa fertilidade natural, sem restrição ao manejo.
7462,83	Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico – textura média	Baixa fertilidade natural.
6095,73	Latossolo Vermelho Distrófico – textura média	Baixa fertilidade natural.
2743,21	Argissolo Vermelho Distrófico – textura média a arenosa	Baixa fertilidade natural.
1314,09	Neossolo Quartzarênico Órtico – textura média a arenosa	Baixa fertilidade natural, sem restrição ao manejo.
664,01	Neossolo Litólico Distrófico – textura arenosa a cascalhenta	Baixa fertilidade natural, pouca profundidade, presença da rocha.
381,95	Neossolo Quartzarênico Hidromórfico – textura média a arenosa	Forte restrição à drenagem.
367,90	Gleissolo Háptico Distrófico – textura argilosa	Presença de lençol freático elevado, com riscos de inundação, necessitando de drenagem para seu uso. Raramente apresenta fertilidade alta e a neutralização da acidez pela calagem exige, muitas vezes, grandes quantidades de calcário.
21,05	Cambissolo Háptico Distrófico – textura média	Baixa fertilidade natural, pequena profundidade, ocorrência de pedras na massa do solo.

A taxa relativa de crescimento anual das áreas ocupadas com cana-de-açúcar calculada para o Município de Mineiros foi utilizada para a elaboração dos cenários exploratórios de expansão da cultura no município para produção de etanol no período de 2014 a 2023.

No Cenário 1, que considera a manutenção da taxa de crescimento da cultura em todas as classes de aptidão do ZAE Cana, a estimativa da projeção foi de aproximadamente 126.000 ha de cana-de-açúcar cultivada em 2023. No Cenário 2, que desconsidera aumento de área plantada na classe sem aptidão do ZAE Cana, a área projetada para 2023 foi de 108.000 ha. Já no Cenário 3, o mais conservador, que considera o fim do cultivo em área sem aptidão, a área projetada foi de 97.000 ha. A Figura 7 ilustra a área atual ocupada pela cana-de-açúcar, seu crescimento no período entre 2008 e 2013 e a projeção dessa área nos três cenários.

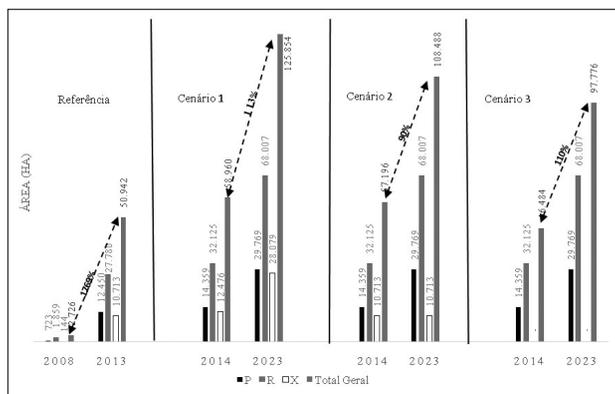


Figura 7. Áreas ocupadas com cana-de-açúcar por classe de aptidão agrícola do ZAE Cana no período de 2003 a 2013 (referências) e projeção para o período de 2014 a 2023 – Mineiros, GO.

Em todos os cenários sugeridos, o aumento da área cultivada se dá em menor proporção que o ocorrido no período de 2008 a 2013 devido à redução de terras disponíveis, fator considerado no modelo. O Cenário 3, de menor crescimento da área cultivada, parte da premissa de que todo o cultivo atual em área sem aptidão (X) seria finalizado, considerando uma total adesão ao ZAE Cana a partir de 2014. Essa condição dificilmente ocorreria e, de fato, não

ocorreu. Os cenários foram criados para uma visão do eventual crescimento da cultura em diferentes situações com a proposta de fornecer subsídios à definição de políticas públicas para a região. Essa informação deve ser analisada à luz da influência de outros fatores socioeconômicos que podem favorecer ou restringir o cultivo da cana-de-açúcar na região.

Estimativa da quantidade de etanol produzido e cenários de expansão

A produção de etanol a partir do cultivo de um hectare de lavoura de cana-de-açúcar irá depender da produtividade física da lavoura e do rendimento industrial da usina. A produtividade, ou rendimento agrícola, é medida em toneladas por hectare de cana e depende do material genético utilizado, dos tratamentos culturais aplicados, das condições edafoclimáticas e do estágio de cultivo da cana-de-açúcar (primeiro corte e cana-soca até reforma/renovação do canavial). A produtividade média da cana-de-açúcar em Goiás é de cerca de 70 t/ha, considerando as variedades plantadas e a produtividade média por corte (do primeiro ao sexto) (CONAB, 2013). Quanto ao rendimento industrial, medido pela quantidade de ATR (Açúcar Total Recuperável), esse índice está associado ao grau de concentração de sacarose que a planta consegue assimilar (rendimento da cana) e está diretamente relacionado às condições de clima, variando bastante entre as regiões produtoras. No Estado de Goiás, a ATR média varia em torno de 141,92 kg/t cana (CONAB, 2013). Com base nesses dados, é possível inferir que são necessários, em média, 12 kg de cana-de-açúcar para produzir um litro de etanol no Estado de Goiás.

A fim de estimar o potencial de produção de etanol, foram considerados os cenários que apresentam o potencial máximo (Cenário 1) e mínimo (Cenário 3) de expansão do cultivo de cana-de-açúcar em Mineiros, e um aumento da produtividade média de 70t/ha em 2013 a 90t/ha em 2023.

A estimativa foi que seria produzido um total de 297 milhões de litros (mil m³) de etanol em 2013. A produção, em 2023, variou de 630 a 943 milhões de litros de etanol. O valor mínimo foi encontrado quando se considerou somente as áreas efetivamente colhidas em determinado ano, considerando ciclo produtivo de cinco cortes para cana-de-açúcar, ou seja, o escalonamento da colheita nas áreas mapeadas.

Considerando que a produção de etanol total em Goiás foi de 3,8 bilhões de litros na safra de 2013/2014 (CONAB, 2015), a produção de etanol estimada para Mineiros em 2013 (297 milhões de litros) equivale a 8% do total produzido em Goiás naquele ano. Essa estimativa é totalmente compatível com a capacidade industrial instalada da unidade Morro Vermelho em Mineiros, cuja capacidade de produção de etanol diária é de 3.200 m³/dia (BOLETIM..., 2015). Para alcançar a produção estimada de etanol, seriam necessários cerca de 100 dias de funcionamento na safra. Já para atender à projeção de produção de etanol estimada para 2023, seria necessário contar com a capacidade instalada das usinas localizadas nos municípios limítrofes a Mineiros (Grupo Odebrecht) ou com a expansão da capacidade industrial da usina Morro Vermelho.

Potencial de redução de Gases de Efeito Estufa (GEE)

Quando se trata das questões relacionadas às mudanças climáticas globais, a expansão sustentável do cultivo de cana-de-açúcar para a produção combustível renovável (etanol) ganha papel de destaque. Cabe ressaltar que está em curso um esforço global com o objetivo fechar um novo acordo entre os países para diminuir a emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE), reduzindo o aquecimento global e limitando o aumento da temperatura do planeta em 2°C até 2100. Os países estão preparando suas Contribuições Nacionalmente Determinadas Pretendidas (*Intended Nationally Determined Contributions – INDC*) para apresentar na Conferência do Clima (COP) de 2015. No que tange ao setor sucroenergético, de acordo com a UNICA⁴, a INDC brasileira prevê a participação de 18% de bioenergia sustentável – considerando a participação de etanol carburante e demais biomassas derivadas da cana-de-açúcar no total da matriz energética até 2030.

O País pode assumir liderança no cenário internacional quanto à redução de emissão de GEE pela utilização do etanol como combustível automotivo. As emissões evitadas de GEE poderiam ser contabilizadas pelo uso do etanol como substituto da gasolina automotiva, uma vez que o etanol é um biocombustível

⁴ UNICA – União da Indústria de Cana-de-Açúcar. Em notícias: Unica analisa com cautela participação dos derivados da cana nas metas da INDC brasileira – depoimento da Presidente da UNICA, Elizabeth Farina, em 29/09/2015. Disponível em: <http://www.unica.com.br/noticia>. Acesso em: 20 set. 2015.

de fonte renovável (cana-de-açúcar). Além disso, na produção do etanol também são evitadas as emissões de GEE pelo uso do bagaço excedente como combustível das unidades industriais, substituindo o óleo combustível. De forma bastante generalizada, a título de ilustração, serão estimada as emissões evitadas pelo uso de etanol em substituição à gasolina, considerando dados de balanço das emissões de GEE na produção e no uso do etanol no Brasil apresentados por Macedo et al. (2004).

Macedo et al. (2004) utilizam técnicas de avaliação do ciclo de vida para a quantificação da energia gasta em cada etapa de produção (agrícola, industrial – considerando a cogeração) e suas correspondentes emissões por conteúdo energético disponibilizado para o uso final do produto. Os autores utilizam dados médios do setor sucroalcooleiro da região Centro-Sul do Brasil e consideram como fonte de GEE as emissões relativas ao uso de combustíveis fósseis e as emissões de outras fontes (queima da palha e decomposição de fertilizantes nos solos). Para expressar os valores das emissões N_2O e CH_4 em CO_2 equivalente, os autores utilizaram o Poder de Aquecimento Global –GWP (equivalência do gás com o CO_2 em função da sua reatividade) de 2001 (HOUGHTON et al., 2001)

De acordo com Macedo et al. (2004), considerando uma possível comparação direta entre motores a gasolina, etanol e flex, assumindo que um litro de etanol anidro equivale a um litro de gasolina (misturado à gasolina na proporção de 25%) e um litro de etanol hidratado equivale a 0,7 litro de gasolina (100% etanol), e contabilizando o uso do bagaço da cana (como emissão evitada no processo de produção do etanol), as emissões líquidas evitadas devido ao uso de etanol em substituição à gasolina seriam:

- 2,6 t $CO_2eq./m^3$ de etanol anidro; e
- 1,7 t $CO_2eq./m^3$ de etanol hidratado.

A usina Morro Vermelho, em Mineiros, produz praticamente 50% de etanol anidro e 50% de etanol hidratado (BOLETIM..., 2015). Nesse caso, considerando o fator de emissão apresentado por Macedo et al. (2004), os valores das emissões evitadas pelo uso do etanol total (anidro e hidratado) como combustível veicular em substituição à gasolina pura (gasolina A) seria

de 638 kt CO₂eq em 2013 e na faixa de 1.500 a 2.200 kt CO₂eq em 2023. O valor estimado de emissões evitadas pelo uso do etanol produzido em Mineiros em 2013 corresponde a cerca de 4% das emissões de GEE do setor energia no Estado de Goiás em 2013, que foi de 15.365 kt CO₂eq (SEEG..., 2015).

Considerações finais

O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil continua em franca expansão. O Estado de Goiás tem se configurado como uma região de expansão, e o Sudoeste do estado é considerado como preferencial na consolidação dessa expansão. Nessa região, Mineiros é o segundo município em área plantada de cana-de-açúcar. Em Mineiros há uma usina de produção de etanol e há mais três usinas no seu entorno, situadas em municípios limítrofes.

Em Mineiros, a área agrícola é, tradicionalmente, ocupada com grãos e pecuária. O cultivo de cana-de-açúcar é recente, iniciado em 2008, após a instalação da usina Morro Vermelho. Em um primeiro momento, considerando o uso e a ocupação da terra no ano de 2005 como referência, a cana-de-açúcar ocupou mais as áreas anteriormente destinadas ao cultivo agrícola do que as áreas de pastagens. Nos anos seguintes, tomando como base o ano de 2010, as lavouras canavieiras continuaram a ocupar prioritariamente as áreas agrícolas, exceto no ano de 2013, quando as áreas anteriormente destinadas às pastagens foram mais ocupadas por cana-de-açúcar em relação às áreas agrícolas.

A partir da elaboração de cenários de expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Município de Mineiros, com base no ZAE Cana, foi possível notar que o plantio de cana-de-açúcar ocorreu preferencialmente nas áreas de aptidão restrita, seguida das preferenciais e, em menor proporção, nas áreas sem aptidão no período de 2008 a 2013. No mesmo período, as taxas relativas de crescimento anual de área plantada foi maior nas classes de aptidão preferencial (2,2%), seguida da restrita (1,7%) e quase não houve crescimento nas áreas sem aptidão. Nas áreas localizadas até 30 km de raio das usinas instaladas na região (*buffer*), as taxas de crescimento do cultivo de cana-de-açúcar foram superiores: 4,6% na classe preferencial, 3,5% na regular e 0,8 nas áreas sem aptidão. No entanto, foi possível apurar que a maioria dos solos ocupados com lavouras canavieiras no município apresentam algum tipo de fragilidade, tanto

em relação à fertilidade natural, quanto à classe textural, indicando, portanto, a necessidade de investimentos em manejo e fertilidade dos solos. Verificou-se que, inicialmente, pode ter havido um investimento maior na expansão do cultivo de cana-de-açúcar nas áreas com aptidão preferencial em detrimento da restrita, uma vez que, embora o plantio de cana-de-açúcar tenha ocorrido mais nas classes de aptidão agrícola restrita, a taxa de crescimento foi maior nas classes preferenciais.

Os cenários exploratórios mostraram que a expansão da área cultivada alcançará de 97 a 126 mil hectares de cana-de-açúcar em 2023, respectivamente, no Cenário 1, menos restritivo, e no Cenário 3, mais restritivo. Isso corresponde, aproximadamente, a 100% de aumento das áreas de cultivo de cana-de-açúcar no período de 10 anos (2014 a 2023).

A perspectiva é de crescimento da participação do etanol na matriz energética de transportes em função das metas do INDC brasileiro. Dessa forma, espera-se que o incentivo à produção de etanol aumente nos próximos 10 anos. A estimativa do potencial de produção de etanol a partir da área plantada variou de 630 a 943 milhões de litros em 2023, considerando os cenários 1 e 3, respectivamente, ou seja, um aumento de cerca de duas a três vezes em relação à produção de etanol estimada para o ano de 2013. As emissões evitadas de GEE pelo uso do etanol em substituição à gasolina no setor de transporte poderiam alcançar cerca de 4% do total de emissão de GEE contabilizada pelo setor de transporte do Estado de Goiás em 2013.

Os cenários de expansão de cana-de-açúcar no Município de Mineiros permitiram indicar a dinâmica da expansão e apontar algumas fragilidades e potencialidades da produção de etanol no Município de Mineiros. Essa informação pode ser analisada à luz da influência das forças motrizes que atuam nos setores industrial e agropecuário locais, que podem favorecer ou restringir o cultivo da cana-de-açúcar na região.

Referências

BOLETIM DO ETANOL. Rio de Janeiro: ANP, n. 4, jun. 2015. 25 p. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/SITE/acao/download/?id=76320>>. Acesso em: 20 set. 2015.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio:** Brasil 2012/2013 a 2022/2023. Brasília, DF: Mapa/ACS, 2013. 96 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia; Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Decenal de Expansão de Energia 2023.** Brasília, DF, 2014. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/Estudos/Documents/PDE2023_ConsultaPublica.pdf>. Acesso em: 27 out. 2015

BUARQUE, S. C. Técnicas de construção de cenários. In: _____. **Metodologia e técnicas de construção de cenários globais e regionais.** Brasília, DF: IPEA, 2003. p. 50-67. (Textos para discussão, 939).

CANASAT. São José dos Campos: Inpe, 2015. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/tabelas.html>>. Acesso em: 27 out. 2015.

CONAB (Brasil). **Acompanhamento da safra brasileira:** cana-de-açúcar: safra 2015/2016: primeiro levantamento. Brasília, DF, 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_08_49_33_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pdf>. Acesso em: 3 jul. 2015.

_____. **Perfil do setor do açúcar e do álcool no Brasil:** safra 2011/2012. Brasília, DF, 2013. 88 p. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_10_02_11_28_41_perfil_sucro_2012.pdf>. Acesso em: 31 jul. 2015.

HOUGHTON, J. T.; DING, Y.; GRIGGS, D. J.; NOGUER, M.; LINDEN, P. J. van der; DAI, X.; MASKELL, K.; JOHNSON, C. A. (Ed.). **Climate change 2001:** the scientific basis. New York: Cambridge University Press, 2001. 881 p. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Disponível em: <<https://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg1/>>. Acesso em: 20 set. 2015.

IBGE. **Censo agropecuário 2006.** Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/brasil_2006/Brasil_censoagro2006.pdf>. Acesso em: 27 out. 2015.

_____. **Estimativas populacionais para os municípios brasileiros em 01 de julho de 2014.** Rio de Janeiro, 2014a. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/estimativa2014>>. Acesso em: 1 set. 2015.

_____. **Produção agrícola municipal 2014:** tabela 1612 - área plantada, área colhida, quantidade produzida e valor da produção da lavoura temporária. Rio de Janeiro, 2014b. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612&z=p&o=18>>. Acesso em: 1 set. 2015.

_____. **Pesquisa pecuária municipal 2014:** tabela 3939 - efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho. Rio de Janeiro, 2014c. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=3939&z=p&o=28>>. Acesso em: 1 set. 2015.

MACEDO, I. de C.; LEAL, M. R. L. V.; SILVA, J. E. A. R. da. **Balanco das emissões de gases do efeito estufa na produção e uso do etanol no Brasil.** São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente, 2004. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/download.php?idSecao=17&id=11168105>>. Acesso em: 20 set. 2015.

MAGALHÃES, A. C. N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: CASTRO, P. R. C.; FERREIRA, S. O.; YAMADA, T. (Ed.). **Ecofisiologia da produção agrícola.** Piracicaba: Potafos, 1987. p. 113-118.

MANZATTO, C. V.; ASSAD, E. D.; BACCA, J. F. M.; ZARONI, M. J.; PEREIRA, S. E. M. (Org.). **Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar:** expandir a produção, preservar a vida, garantir o futuro. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009, 55 p. il. (Embrapa Solos. Documentos, 110).

MATOS, C. R. A. de. **Etanol e biodiesel.** São Paulo: Secretaria do Meio Ambiente, 2012. 104 p. (Cadernos de educação ambiental, 11).

NUNES, E. D. **Modelagem de processos erosivos hídricos lineares no município de mineiros - GO.** 2015. 242 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Instituto de Estudos Socioambientais - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2015.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 1, p. 105-119, 2004.

RUDORFF, B. F. T.; AGUIAR, D. A.; SILVA, W. F.; SUGAWARA, L. M.; ADAMI, M.; MOREIRA, M. A. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat Data. **Remote Sensing**, v. 2, n. 4, p. 1057-1076, 2010.

SEEG: Sistema de Estimativa de Emissão de Gases de Efeito Estufa: nota metodológica: setor de energia. São Paulo: Observatório do Clima: Instituto de Energia e Meio Ambiente, 2015. 51 p. Disponível em: <<http://seeg.eco.br/notas-metodologicas/>>. Acesso em: 20 set. 2015.

SILVA, W. F. da; PEIXINHO, D. M. A expansão do setor sucroenergético em Goiás: a contribuição das políticas públicas. **Campo-Território: Revista de Geografia Agrária**, Uberlândia, v. 7, n. 13, p. 97-114, fev. 2012.