

# AS LIÇÕES PARA O MANEJO DO SOLO CANAVIEIRO NOS PRIMEIROS 20 ANOS DE COLHEITA MECANIZADA NO BRASIL



**Organizador**  
Acacio Aparecido Navarrete





# **AS LIÇÕES PARA O MANEJO DO SOLO CANAVIEIRO NOS PRIMEIROS 20 ANOS DE COLHEITA MECANIZADA NO BRASIL**

**Organizador**

Acacio Aparecido Navarrete



**Reitor**

Marcelo Augusto Santos Turine

**Vice-Reitora**

Camila Celeste Brandão Ferreira Ítavo

Obra aprovada pelo  
CONSELHO EDITORIAL DA UFMS  
RESOLUÇÃO Nº 46-COED/AGECOM/UFMS  
DE 10 DE JUNHO DE 2021.

**Conselho Editorial**

Rose Mara Pinheiro (presidente)  
Ana Rita Coimbra Mota-Castro  
Além-Mar Bernardes Gonçalves  
Alessandra Regina Borgo  
Antonio Conceição Paranhos Filho  
Antonio Hilario Aguilera Urquiza  
Cristiano Costa Argemon Vieira  
Delasnieve Miranda Daspert de Souza  
Elisângela de Souza Loureiro  
Elizabete Aparecida Marques  
Geraldo Alves Damasceno Junior  
Marcelo Fernandes Pereira  
Maria Ligia Rodrigues Macedo  
Rosana Cristina Zanelatto Santos  
Vladimir Oliveira da Silveira

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
(Diretoria de Bibliotecas – UFMS, Campo Grande, MS, Brasil)

---

As lições para o manejo do solo canavieiro nos primeiros 20 anos de colheita mecanizada no Brasil  
[recurso eletrônico] / organizador Acacio Aparecido Navarrete. – Campo Grande, MS: Ed. UFMS,  
2021.

Dados de acesso: <https://repositorio.ufms.br>  
Bibliografia: p. 42-50.  
ISBN 978-65-86943-58-0

1. Solos – Manejo - Brasil. 2. Cana-de-açúcar – Colheita - Brasil. 3. Mecanização agrícola –  
Brasil. I. Navarrete, Acacio Aparecido.

CDD (23)631.40981

---

Bibliotecária responsável: Wanderlice da Silva Assis – CRB 1/1279

**Organizador**  
Acacio Aparecido Navarrete

# **AS LIÇÕES PARA O MANEJO DO SOLO CANAVIEIRO NOS PRIMEIROS 20 ANOS DE COLHEITA MECANIZADA NO BRASIL**

Campo Grande - MS | 2021



**“O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001”.**

© **dos autores**

Acacio Aparecido Navarrete

Rita de Cássia Félix Alvarez

Cassiano Garcia Roque

Raffaella Rossetto

Daimara Viviane Adão

Tiago da Silva Rodrigues

Victoria Romancini Toledo

**1ª edição:** 2021

**Projeto Gráfico, Editoração Eletrônica**

TIS Publicidade e Propaganda

**Revisão**

A revisão linguística e ortográfica  
é de responsabilidade dos autores

A grafia desta obra foi atualizada conforme  
o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa,  
de 1990, que entrou em vigor no Brasil  
em 1º de janeiro de 2009.

**Direitos exclusivos para esta edição**



**Secretaria da Editora UFMS - SEDIT/AGECOM/UFMS**

Av. Costa e Silva, s/nº - Bairro Universitário,

Campo Grande - MS, 79070-900

Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Fone: (67) 3345-7203

e-mail: [sedit.agecom@ufms.br](mailto:sedit.agecom@ufms.br)

**Editora associada à**



ISBN: 978-65-86943-58-0

Versão digital: julho 2021

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2. MANEJO AGRÍCOLA DO SOLO</b>	<b>9</b>
<i>Cassiano Garcia Roque &amp; Tiago da Silva Rodrigues</i>	
2.1. Erosão do solo e práticas conservacionistas	11
2.2. Infiltração e compactação no ambiente do solo	12
<b>3. AGROTÓXICOS, PRAGAS, QUALIDADE TECNOLÓGICA, USO DE RESÍDUO NO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR – Rita de Cássia Félix Alvarez &amp; Daimara Viviane Adão</b>	<b>14</b>
3.1. Controle de plantas daninhas	14
3.2. Pragas e qualidade tecnológica	17
3.3. Uso de resíduos na cultura da cana-de-açúcar	18
<b>4. FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÃO EM SOLOS CANAVIEIROS</b>	<b>21</b>
<i>Raffaella Rossetto</i>	
4.1. A presença da palha sobre o solo	23
4.2. Solo – a base para o cultivo sustentável	24
4.3. Análise de solo como ferramenta essencial	26
4.4. A expectativa de produção	27
4.5. Manejar a fertilidade das soqueiras	28
4.6. Recomendação da adubação da cana-de-açúcar	29

<b>5. AS LIÇÕES NO ÂMBITO DA PAISAGEM, ATMOSFERA E BIOTA DO SOLO – <i>Acacio Aparecido Navarrete &amp; Victória Romancini Toledo</i></b>	<b>32</b>
5.1. Alterações na paisagem ecológica	32
5.2. Emissão de gases causadores de efeito estufa	34
5.3. Poluição do ar atmosférico	36
5.4. Impactos nas formas de vida presentes no solo	37
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>40</b>
<b>7. REFERÊNCIAS</b>	<b>42</b>

# 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). Assim, a agricultura canavieira no país é bastante extensa, cobrindo uma área de cerca de 10 milhões de hectares de terras agricultáveis. O plantio de cana-de-açúcar no Brasil começou há cerca de 500 anos, mas a expansão da área de cultivo e da produtividade nos últimos 20 anos não tem precedentes.

Apesar dos benefícios econômicos apresentados pela expansão do setor sucroalcooleiro, algumas questões precisaram ser melhor discutidas sobre a cultura, como os impactos ambientais causados pelas queimadas. Esta discussão culminou com a Lei nº 11.241 de 2002, que estabeleceu prazos para a erradicação da queima: 2021 (áreas mecanizáveis) e 2031 (áreas não mecanizáveis). Em 2007, visando a proteção ambiental, a Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura e Abastecimento e a União da Indústria da Cana-de-açúcar (UNICA, 2020) firmaram o Protocolo Agroambiental que reduziu ainda mais os prazos para a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar. Foi acordado para 2014 e 2017 o término da queima para áreas mecanizáveis e não mecanizáveis, respectivamente (PROTOCOLO AGROAMBIENTAL, 2014).

Como alternativa ao uso do fogo nos canaviais, tem-se adotado o sistema de colheita mecanizada. Nesse sistema utilizam-se colhedoras autopropelidas que cortam e trituram as folhas, bainhas, ponteiros, além de uma quantidade variável de pedaços do colmo e em seguida lança-os na superfície do solo, formando uma cobertura de resíduo vegetal (*mulch*), denominada palha ou palhada (SOUZA et al., 2005). Este manejo de colheita é também conhecido como ‘colheita com cana crua’, por não utilizar o fogo. Por sua vez, o manejo de queima pré-colheita é conhecido como ‘colheita com cana queimada’.

Prestes a completar 20 anos da criação da Lei nº 11.241 de 2002, é preciso fazer um balanço das suas implicações para o manejo do solo canavieiro em áreas mecanizáveis, tanto do ponto de vista agrônomo quanto ambiental. Neste caderno, são apresentadas as lições para o manejo do solo canavieiro nos primeiros 20 anos de colheita mecanizada no Brasil. Foram reunidos resultados de pesquisas científicas desenvolvidas neste período com o objetivo de abordar em linguagem de ampla audiência os efeitos da conversão do manejo de colheita sem a utilização do fogo para a queima da palha de cana-de-açúcar nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, controle de plantas daninhas e pragas, qualidade tecnológica, fertilidade e adubação do solo, paisagem ecológica nas regiões produtoras, poluição do ar e emissão de gases para a atmosfera. Tal abordagem é apresentada nos capítulos a seguir.

## 2. MANEJO AGRÍCOLA DO SOLO

A queima para eliminar a palha do canavial facilita a colheita e a marcha dos instrumentos aratórios, ao mesmo tempo que afeta as propriedades do solo. Entretanto, no sistema de colheita da cana crua, as folhas secas, os ponteiros e as folhas verdes são cortados e lançados sobre a superfície do solo, formando uma cobertura morta, que modifica o ambiente do solo em vários aspectos, garantindo proteção ao solo contra erosão, conservação da umidade, aumento da atividade microbiana, enriquecimento em matéria orgânica que, por conseguinte, pode influenciar positivamente os atributos físicos e químicos do solo (DALCHIAVON, 2012).

Atualmente, grande parte dos processos agrícolas produtivos tem se apoiado na conservação do solo, mediante a manutenção dos restos culturais resultantes do processo de colheita sobre a área colhida, dando origem a cultivos com ausência ou mínimo revolvimento de solo possível.

Em culturas anuais onde não se tem manejo de queima pré-colheita, a preservação da palhada tem se tornado uma prática conservacionista muito bem aplicada, pois com a implantação do sistema de semeadura diretamente sobre os restos culturais da cultura anterior, tem se obtido inúmeros benefícios, dentre eles o controle biológico e a diminuição da compactação do solo. Gorgen et al. (2009) observaram controle de apotécios de *Sclerotinia sclerotiorum* na associação de *Trichoderma harzianum* 1306 com a palhada de *Brachiaria ruziziensis*. No que se refere à compactação do solo, Rosim et al. (2012) destacaram a relevância da palhada sobre o tráfego de máquinas agrícolas, sendo a cobertura do solo eficaz em proteger o solo da compactação, atuando como um amortecedor do impacto do pneu e dissipando a energia por ele aplicada de forma a distribuí-la melhor sobre o solo (Figura 1).

De acordo com Schick et al. (2000), o modelo de plantio direto ou ainda a preservação da palhada sobre o solo é responsável também por inibir grandes quantias de perdas de solo por erosão, chegando a quase 70% quando comparado aos sistemas convencionais com gradagem e arações do solo. O canavial apresenta características que o tornam muito eficiente para esse sistema de conservação do solo. Crusciol et al. (2005) trabalharam com nabo forrageiro e mostraram rápida decomposição da palhada desta cultura em comparação com gramíneas. Isso pode ser atribuído à grande quantidade de palhada que retorna ao sistema em colheita sem prévia despalha da cana-de-açúcar com uso do fogo, variando 5 a 37 Mg ha<sup>-1</sup> como apontado por Silva Neto et al. (2018), bem como à forte relação C/N apresentada por essa cultura como observado por Ramos et al. (2016), em que deposições de palhada da ordem de 11,3 Mg ha<sup>-1</sup> resultam em uma relação C/N de 36,8.

## 2.1. EROÇÃO DO SOLO E PRÁTICAS CONSERVACIONISTAS

A perda de solo por meio de erosão é uma preocupação constante de toda atividade agrícola. No caso dos canaviais, o processo de instalação demanda maiores cuidados, uma vez que boa parte das áreas destinadas a essa cultura é considerada restritiva. Nestas, os solos geralmente apresentam textura mais arenosa, e é visado sempre o maior número de cortes possível sem que haja a necessidade de reforma do canavial. Com isso, exige-se um preparo inicial com correções do perfil do solo em grandes profundidades, prática que resulta em plantio em áreas completamente nuas e susceptíveis a perdas de solo por erosão.

Santos Junior et al. (2015) apontam o sistema de plantio direto como uma excelente alternativa para minimizar esse problema no momento da instalação da cultura, no entanto, ressaltam a importância de que a saturação por bases do solo esteja devidamente enquadrada em teores próximos a 50% para que o sistema possa ser aplicado com eficiência. Já para a manutenção de um sistema conservacionista com perda mínima de sedimentos de solo por meio de escoamento superficial após a colheita, Garbiate et al. (2011) observaram perdas de solos de 7,6 e 9,7 vezes maiores na colheita manual e mecanizada de cana queimada, respectivamente, quando comparado ao sistema mecanizado de cana crua, sendo a cobertura vegetal apontada como principal elemento para atingir esse benefício.

Castro et al. (2006) ressaltam que o efeito protetivo da palhada sobre o solo, principalmente contra as gotas da chuva, se dá mediante o amortecimento das mesmas, de modo que não atinjam diretamente o solo (Figura 1). Os autores associam ainda a rugosidade do resíduo vegetal à desaceleração da velocidade da enxurrada, evitando que esta arraste grandes quantias de solo.

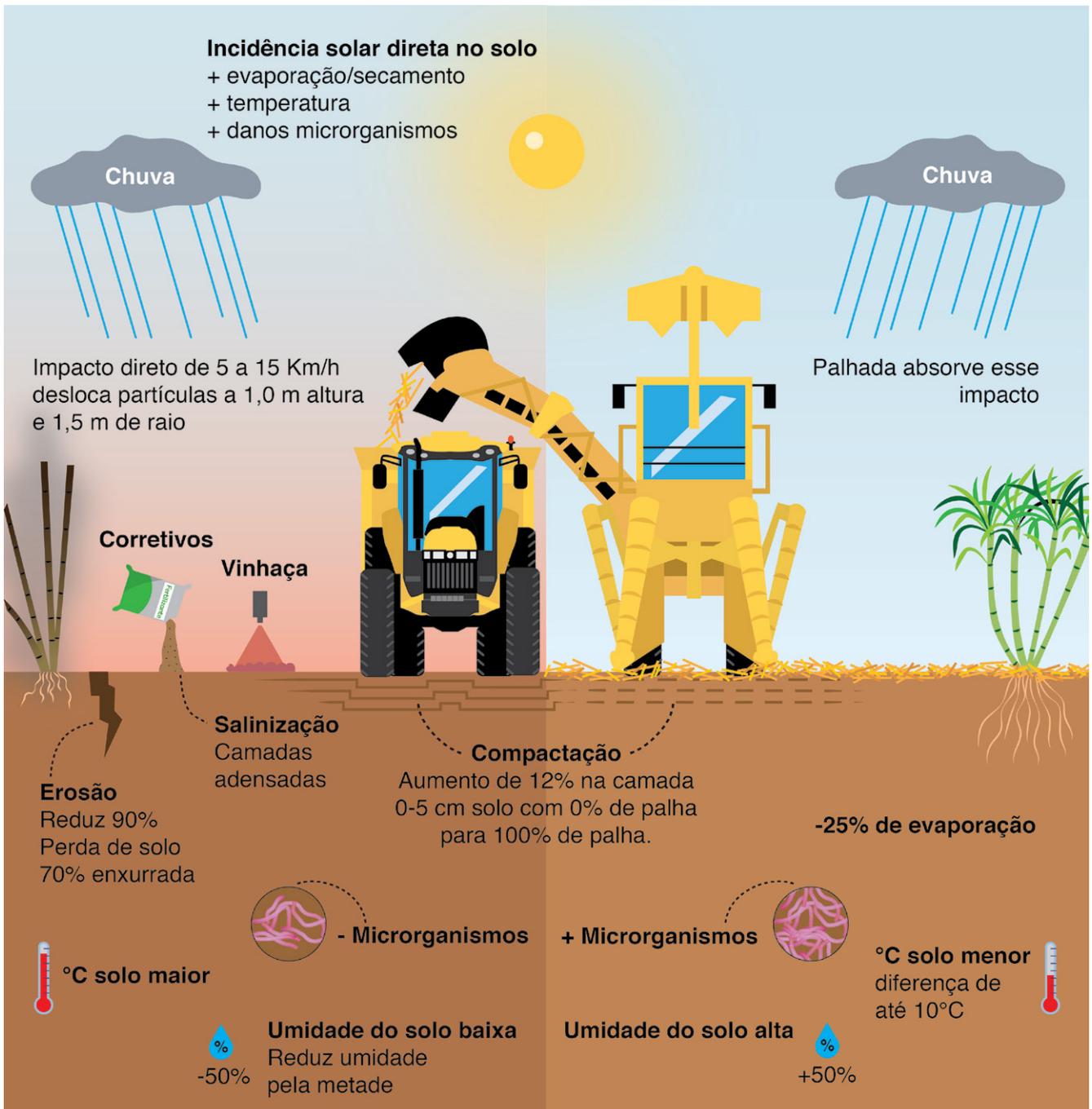
A manutenção da palhada nos canaviais favorece a produção de açúcar. Segundo Resende et al. (2006), a produção de açúcar aumentou 15% em comparação com a área que foi queimada em cana-planta. Segundo estes mesmos autores, ao se considerar somente as soqueiras da segunda fase sem a queima, estes valores chegaram a 59% e, ao longo das 12 socas colhidas, a 28%, evidenciando um ganho progressivo ao longo dos anos, acompanhando, de forma direta, a produção de colmos.

## 2.2. INFILTRAÇÃO E COMPACTAÇÃO NO AMBIENTE DO SOLO

Ao analisar a resposta das culturas a determinada estratégia de manejo específico, verifica-se que os atributos físicos do solo são muito importantes, incluindo sistemas de aeração, armazenamento de água e impedimentos mecânicos para o desenvolvimento de raízes (OLIVEIRA et al., 2019). Desta forma, observa-se que o conhecimento acerca da variação nos atributos do solo pode ajudar na melhoria da produtividade agrícola (CARVALHO et al., 2006). Por sua vez, o manejo visando a manutenção e/ou adição de matéria orgânica no solo também garante benefícios tais como, o aumento na resistência à erosão e na capacidade de armazenamento de água, devido a atuação da matéria orgânica na estruturação do solo, por meio do aumento da estabilidade dos agregados, além da melhoria na fertilidade do solo (DALCHIAVON et al., 2014).

O grau de compactação do solo é avaliado pela análise da resistência mecânica à penetração com o uso de equipamentos como penetrômetros, os quais medem a resistência oferecida pelo solo à penetração e se relaciona aos diversos atributos do solo que são indicados para verificar a degradação do mesmo (OLIVEIRA FILHO, 2016). A cultura da cana de açúcar tem um sistema radicular formado por rizomas e raízes fasciculadas, que se concentram na sua maioria até uma profundidade de 50 cm, sendo que estas são muito afetadas pela compactação do solo, e podem ser agravadas pelas operações como as colheitas. O grau de compactação, e do conseqüente efeito desta sobre o desenvolvimento radicular da cana-de-açúcar, possibilitam estabelecer valores críticos de restrições ao crescimento das raízes e diminuição da produtividade (DALCHIAVON et al., 2017).

**Figura 1.** Consequências da preservação dos resíduos vegetais pós-colheita de cana crua para fatores físicos e microbiológicos do solo em comparação com o manejo de colheita com cana queimada



# 3. AGROTÓXICOS, PRAGAS, QUALIDADE TECNOLÓGICA, USO DE RESÍDUO NO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR

## 3.1 CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS

Além de afetar as propriedades físicas do solo, conforme apresentado no capítulo anterior, a adoção do sistema de colheita da cana-de-açúcar sem queima também implica em modificações nas técnicas de cultivo, como o uso de maiores espaçamentos entre as linhas, a deposição e a manutenção da palhada sobre a superfície do solo, que mesmo contribuindo com a sua conservação, dependendo da quantidade que varia de 5 a 20 t ha<sup>-1</sup> (NEGRISOLI et al., 2007), pode provocar seleção da comunidade infestante (FERREIRA et al.; PINHEIRO et al., 2010). A deposição e manutenção da palha na superfície do solo dificulta a emergência de plantas daninhas, reduzindo a variação de temperatura no solo. Portanto, os efeitos da amplitude térmica, da penetração de luz e os possíveis efeitos alelopáticos de lixiviados da palha implicam na diminuição da incidência das plantas daninhas (CAVENAGHI et al., 2007; VICTORIA FILHO & CHRISTOFFOLETI, 2004).

A conversão da tradicional queima do canavial para a colheita da cana crua revelou como resultado importantes modificações nas técnicas de cultivo, as quais influenciam diretamente a ocorrência e o manejo de plantas daninhas (VICTORIA FILHO & CHRISTOFFOLETI, 2004). Mudan-

ças no banco de sementes têm sido observadas em áreas cultivadas com a cana crua em consequência do favorecimento de espécies com maior capacidade de germinação sob espessa cobertura de palha, em comparação com outras que têm a germinação impedida por ação física ou alelopática da palhada. Além disso, herbicidas utilizados em pré-emergência nessa cultura têm apresentado reduções na sua eficácia, pelo fato de que grande parte deles fica retida na palha e não atinge o solo na concentração necessária para o controle das plantas daninhas (FERREIRA et al., 2010).

O manejo da palhada proporciona o controle de várias espécies de plantas daninhas consideradas importantes nos canaviais, como *Cyperus rotundus* e *Brachiaria decumbens* (MONQUERO et al., 2011), mas pode prejudicar o manejo da cultura, causando dificuldades durante as operações de cultivo, adubação da soca, aumento populacional de pragas que se protegem e reproduzem sob a palhada, e dificuldade de controle seletivo de plantas daninhas (MACEDO; BOTELHO; CAMPOS, 2003). O microclima criado pela palha estimulou a germinação das sementes e o desenvolvimento das plântulas de algumas espécies daninhas (CORREIA; REZENDE, 2002) como *Ipomoea* spp. e *Merremia* spp. (CORREIA; KRONKA JUNIOR, 2010), *Euphorbia* (MONQUERO et al., 2007, MONQUEIRO et al., 2011) e, mais recentemente, *Luffa aegyptiaca* (MONQUERO; DALLA COSTA; KROWOSLOSKI, 2011; ZERA et al., 2012), *Momordica charantia* (CORREIA; ZEITOUN, 2010), *Spermacoece latifolia*, *Richardia brasiliensis* e *Bidens subalternum* (MATA et al., 2016).

A composição das populações de plantas daninhas é reflexo das características edáficas e climáticas e das práticas agrônômicas adotadas, como manejo do solo e aplicação de herbicidas. Essas práticas afetam a composição das espécies no banco de sementes, que está ligada com as práticas culturais de acordo com o sistema agrícola empregado (SOARES et al., 2011). Sendo assim, a primeira etapa de um manejo adequado de plantas daninhas em uma lavoura envolve a identificação das espécies na área e de sua importância na área infestante, levando-se em consideração os parâmetros de frequência, densidade e dominância. Após essa fase, pode-se decidir qual o melhor manejo a ser adotado, seja ele cultural, mecânico, físico, biológico, químico ou integrado (OLIVEIRA; FREITAS, 2008) e a melhor época em que o manejo deverá ser adotado (ERASMO; PINHEIRO; COSTA, 2004).

Os herbicidas utilizados no controle de plantas daninhas na cana crua devem apresentar algumas características físicas e químicas específicas, tais como alta solubilidade, baixo coeficiente de distribuição octanol-água (Kow) e baixa pressão de vapor (P) (CHRISTOFFOLETI et al., 2008). Nesse caso, devem ser consideradas também as condições ambientais, a quantidade de palha e o intervalo de tempo entre a aplicação e a ocorrência de chuvas (Figura 2) (SILVA & MONQUERO, 2013).

Nessa nova composição da flora infestante surgiu a dificuldade de se encontrar herbicidas que ao mesmo tempo sejam seletivos a cultura e tenham eficiência no controle sobre as plantas daninhas em pós-emergência (CHRISTOFFOLETI et al., 2007). Os herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar são de um modo geral aplicados na pré-emergência ou na pós-emergência da planta (VICTORIA FILHO & CHRISTOFFOLETI, 2004).

Na literatura há relatos de alguns herbicidas que têm sido frequentemente utilizados nos canaviais para o controle destas espécies. Monquero et al. (2009) em estudo para avaliar a eficácia de controle de herbicidas utilizados em áreas de colheita de cana crua, verificaram que a aplicação dos herbicidas sobre a palha de cana-de-açúcar em pré-emergência das plantas daninhas afe-

tou negativamente a eficácia do mesotrione (120 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e trifloxysulfuron-sodium + ametryn (27,77 + 1.097 g i.a. ha<sup>-1</sup>) e das misturas mesotrione + ametryn e mesotrione + (trifloxysulfuron-sodium + ametryn); já os herbicidas aplicados na entrelinha da cana-de-açúcar, em pós-emergência, foram seletivos para a cultura; e os herbicidas metribuzin e (trifloxysulfuron-sodium + ametryn) + (diuron + hexazinone) foram eficazes no controle das espécies daninhas *Euphorbia heterophylla* e *Ipomoea grandifolia*, independentemente da forma de aplicação.

Mais recentemente, em experimento para verificar a influência da palha e da simulação de chuva sobre a eficácia da mistura formulada de clomazone + hexazine no controle de *Ipomoea grandifolia*, *Ipomoea hederifolia* e *Euphorbia heterophylla* em área de cana crua, Negrisoli et al. (2011) obtiveram resultados satisfatórios, proporcionando médias acima de 98% de controle, quando ocorreram precipitações posteriores à aplicação do herbicida. De modo geral, os tratamentos com a aplicação do herbicida, na ausência ou presença de palha, e posterior chuva apresentaram controle total da espécie *I. hederifolia* aos 35 dias após a aplicação (DAA). Os tratamentos mostraram excelente controle para a espécie *I. grandifolia*.

Para controle em pós-emergência, Silva et al. (2015), com o objetivo de identificar curvas de dose resposta dos herbicidas amicarbazone, saflufenacil, mesotrione e sulfentrazone no controle das espécies de plantas daninhas *Merremia aegyptia* (L.) Urban, *Ipomoea purpurea* (L.) Roth, *Luffa aegyptiaca* Miller, *Mucuna aterrima* Piper e Tracy e *Ricinus communis* (L.), constataram que os herbicidas amicarbazone e sulfentrazone foram os mais eficientes no controle das espécies estudadas.

Estes resultados mostram que, no que se refere ao controle de plantas daninhas, a colheita mecanizada pode ser uma estratégia de manejo adequada comparada à colheita no sistema de colheita com queima. Assim, estudos voltados para o controle das espécies que melhor se estabelecem no cultivo de cana crua, juntamente com maior conhecimento específico de informações das comunidades vegetais por meio de levantamentos fitossociológicos são ferramentas importantes no desenvolvimento de técnicas que otimizem os gastos para a produção de cana-de-açúcar (MATA et al., 2016).

## 3.2. PRAGAS E QUALIDADE TECNOLÓGICA

A adoção do sistema convencional trouxe algumas desvantagens em relação a infestação de pragas que tem se tornado de difícil controle, ou seja, as queimadas nos canaviais podem não ser benéficas do ponto de vista ambiental ou agrônômico, no entanto, atuam no controle populacional de pragas (MUNDIM, PELISSARI, PEREIRA, 2009). Sem o auxílio da queima, a cultura é afetada por diversos insetos, em seus vários estágios de desenvolvimento, gerando prejuízos diretos para a produtividade e qualidade da cultura (BETTIOL et al., 2017), tais como: *Diatraea saccharalis* (broca da cana) e *Mahanarva* spp. (Cicarrinhas) (BETTIOL et al.; FONTANETTI & BUENO, 2017), que provocam lesões no sistema vascular, comprometendo o transporte de água e nutrientes para as regiões meristemáticas da planta (GARCIA et al., 2007), ocasionando a redução da produtividade dos colmos, alterando a qualidade tecnológica do caldo da cana-de-açúcar, reduzindo a Pol, pureza e o pH da solução açucarada (MADALENO et al., 2008). Destacam-se também o *Sphenophorus levis* (bicudo da cana), *Migdolus fryanus* (broca dos rizomas), cupins, nematóides, pão-de-galinha, elaterídeos (larvas-aramé), *Naupactus* spp., *Crisomelídeos*, percevejo castanho, pérola-da-terra, formigas gênero *Atta*, quenquéns (gênero *Acromyrmex*), lagarta desfolhadora, *Elasmopalpus lignosellus* (lagarta elasmó) e formiga cortadeira. Muitas vezes os insetos deixam pequenos orifícios que acabam sendo porta de entrada para diversos entomopatógenos como o *Fusarium moniliforme* e *Colletotrichum falcatum* (causadores da podridão vermelha) (PLANALSUCAR, 1982; BETTIOL et al., 2017), *Sporisorium scitamineum*, mosaico (vírus transmitido por pulgões), *Xanthomonas albilineans* (escaldadura das folhas) e *Leifsonia xyli subsp. Xyli* (raquitismo da soqueira), *Puccinia melanocephala* (ferrugem marrom) e *Puccinia kuehnii* (ferrugem alaranja), *Curvularia inaequalis* (mancha de curvalária), *Cercospora longipes* (mancha parda) e *Leptosphaeria sacchari* (mancha anelar) (CTC, 2020).

Arrigoni (1999) menciona que durante a colheita da cana crua ocorre alterações no ecossistema que contribui para o aumento de pragas da cultura. Entretanto, a ausência da queimada tem provocado aumento significativo na população dos insetos-pragas, e dificultado o controle de determinados fungos/bactérias, levando, conseqüentemente, a um prejuízo para o setor sucroalcooleiro. Todavia, a qualidade tecnológica da cana crua em relação ao método de controle é um assunto que vem gerando repercussão frequentemente. Contudo, o assunto deve ser explorado em mais detalhes para que se possa obter respostas com maiores índices de coerência.

### 3.3. USO DE RESÍDUOS NO CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR

#### *Palhada ou palhiço*

Na colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem queima prévia, as folhas secas são trituradas e os ponteiros cortados são lançados na superfície do solo, formando uma cobertura morta denominada de palhada ou palhiço (Figura 2) (OLIVEIRA et al., 1999; ROSSETTO, 2004). A quantidade de palhada deixada na superfície do solo varia de acordo com a produtividade total de massa seca (PMS) produzida pela cultura, da variedade cultivada, da idade da planta, da produtividade de colmos e da região de cultivo (ANDREOTTI et al., 2015).

Os valores de produção de palhada obtidos por Campos (2003) foram próximos a 15% da PMS total produzida pela cultura da cana-de-açúcar, podendo este valor oscilar entre 13 a 20 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>. De acordo com Macedo e Nogueira (2004), para cada tonelada de cana-de-açúcar (colmos) colhida são produzidos 140 kg de palha (MS). Para as variedades plantadas no Estado de São Paulo, com valores médios de produtividade da cana de 82,4 t ha<sup>-1</sup>, a obtenção de produtividade de palha, em base seca, foi de 14% do total (LAMÔNICA, 2005). Outros estudos demonstram que a colheita da cana crua gera produção de palha de 10 t de MS ha<sup>-1</sup> a 20 t de MS ha<sup>-1</sup> (VITTI et al., 2011; MATSUOKA et al., 2012; VALE, 2013).

Os ponteiros podem ser utilizados para a alimentação animal. A palhada pode ser aproveitada para a geração de energia no processo de queima nas caldeiras ou permanecer no solo como uma camada de matéria orgânica, com as vantagens da cobertura morta e da reciclagem de nutrientes (ROSSETTO, 2004).

#### *Bagaço*

O bagaço da cana-de-açúcar é um resíduo que tem grande potencial como fonte renovável de energia, sendo sua principal utilização na queima em caldeiras para geração de energia para a própria indústria. Excedentes de bagaço podem ser utilizados na geração de energia elétrica (ROSSETTO, 2004; OLIVEIRA et al., 2020). Por conter celulose, o bagaço é utilizado para a produção de etanol de segunda geração (MONTEIRO, 2011; MARTINS et al., 2014).

### *Torta de filtro e cinzas de caldeira*

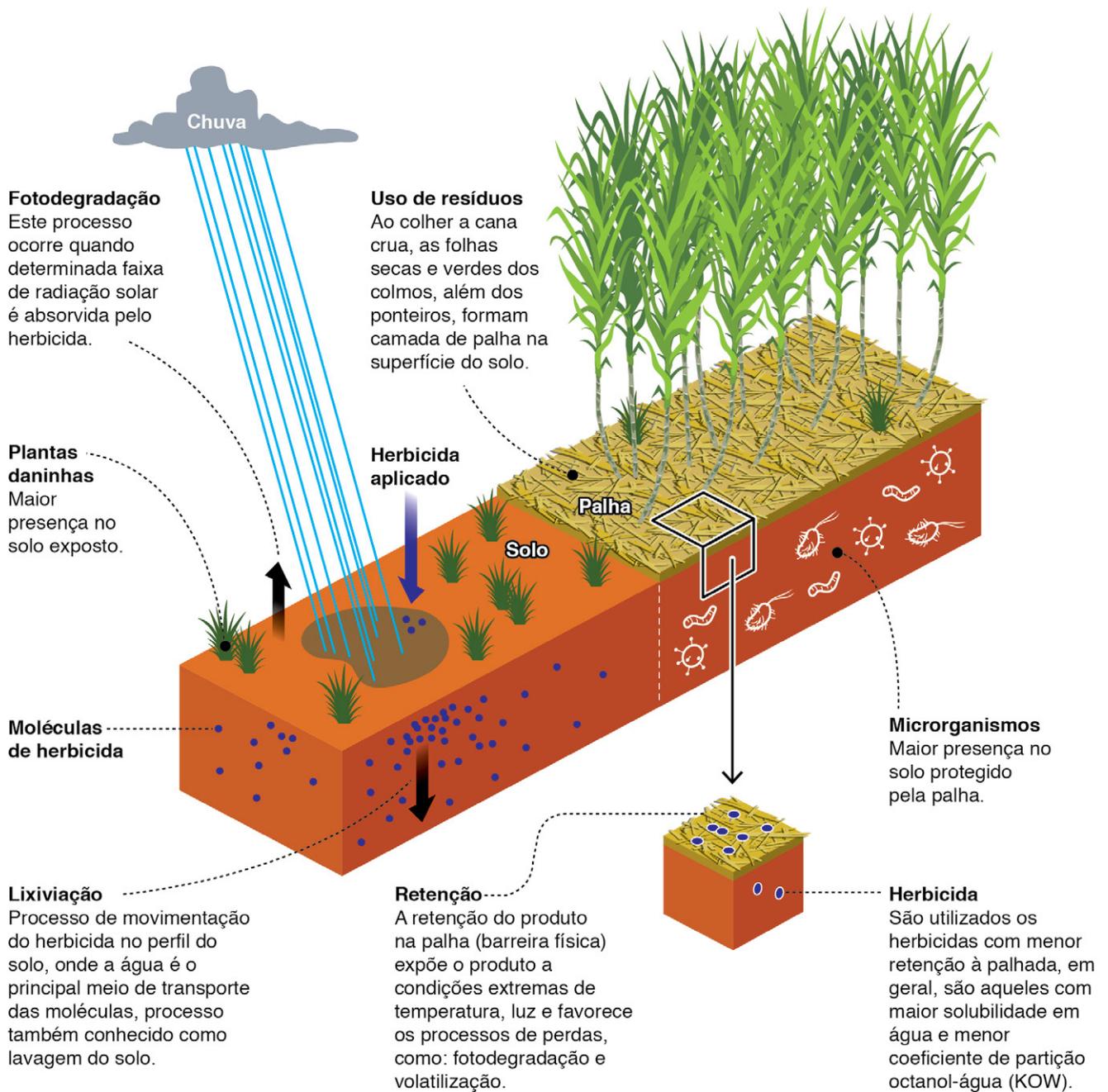
A torta de filtro é resultante da filtração do lodo formado na etapa de clarificação do caldo de cana. Tem composição química variável e apresenta altos teores de matéria orgânica e umidade, o que a torna um resíduo de interesse para ser utilizado como fertilizante e condicionador de solo. Também pode ser utilizada na alimentação animal (ROSSETTO, 2004; ROSSET, RAMPIM, SCHIAVO, 2015).

Após a queima do bagaço restam as cinzas, que são utilizadas como fertilizante. Por serem ricas em nutrientes (85% de  $\text{SiO}_2$ , 0,9% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ ; 1,7% de  $\text{K}_2\text{O}$  e 0,6% de  $\text{MgO}$ ), as cinzas podem ser utilizadas diretamente no solo ou incrementando a composição de compostos orgânicos (BERTONCINI, 2009), sendo aproveitadas em solos com baixa fertilidade natural, melhorando as suas características físicas e químicas (TOLFO et al., 2011).

### *Vinhaça*

É o resíduo da destilação do caldo de cana fermentado nas destilarias ou do melaço fermentado para produção do álcool, nas destilarias anexas às usinas de açúcar. Segundo Belhadj (2013), a vinhaça é composta por uma mistura de água, compostos orgânicos e inorgânicos, apresentando uma composição básica: 93% de fase aquosa e 7% de sólidos em suspensão (orgânicos e minerais) (CHRISTOFOLETTI et al., 2013). A vinhaça possui alto teor de potássio e nitrogênio, além de cálcio, magnésio, fósforo e enxofre em menores concentrações (SEIXAS et al., 2016). Por conter minerais e matéria orgânica, este subproduto da produção de etanol é utilizado como fertilizante agrícola (SILVESTRE, 2014).

**Figura 2.** Comportamento de herbicida aplicado sobre a palha de cana crua em comparação à cana queimada



## 4. FERTILIDADE DO SOLO E ADUBAÇÃO EM SOLOS CANAVIEIROS

A cana-de-açúcar faz parte da história do Brasil, sendo cultivada em nosso país desde cerca de 1530 nos Estados de São Paulo e Pernambuco principalmente. Atualmente é cultivada em quase 10 milhões de hectares em vários Estados do Brasil, onde ocupa posição de destaque como matéria prima para a produção de açúcar, álcool, biomassa para energia elétrica e vários outros produtos. Diversas regiões em São Paulo e mesmo em Pernambuco têm mais de 100 anos de cultivo da cana num mesmo local. Esses solos continuam produtivos até hoje e, em diversos exemplos estudados, apresentam fertilidade superior à que apresentavam há 50 anos.

O trabalho de Correa et al. (2001) que comparou a fertilidade de um solo de mata adjacente ao solo cultivado há mais de 30 anos cultivado com cana-de-açúcar, cita que o manejo da correção e adubação do solo cultivado com cana-de-açúcar proporcionou aumento nos valores de pH e teores de fósforo, cálcio e magnésio e na saturação em bases (V%), e redução nos teores

de matéria orgânica, capacidade de troca catiônica (CTC), Al trocável e saturação em alumínio (m%). Vale ressaltar que a adubação e a correção do solo ao longo dos 30 anos de cultivo da cana não degradaram o solo, tendo melhorado a sua fertilidade.

A cana-de-açúcar apresenta alto potencial de produtividade quando não existem fatores restritivos ao seu desenvolvimento. Relatos na literatura apontam produtividades potenciais acima de 300 t/ha de colmos. Porém, a produtividade obtida comercialmente está bem longe desse valor devido a uma série de fatores, tais como: manejo varietal, épocas de plantio e de colheita, correção e fertilidade do solo, ambientes de produção, clima (com destaque para a distribuição de chuvas e temperatura), irrigação, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, sanidade e qualidade das mudas, espaçamento, compactação e conservação do solo, entre outros fatores.

Mesmo após os 20 anos do novo sistema de produção de cana sem queima, a cana continua a ser produzida por grandes produtores em monocultivo, em milhares de hectares e também por pequenos fornecedores de cana ou mesmo agricultores que utilizam a planta para alimentar animais ou produzir cachaça, em atividades de agricultura familiar. O manejo da fertilidade do solo e da adubação são, portanto, muito variáveis em função da disparidade de investimentos e também de condições climáticas favoráveis, acesso à tecnologia de variedades melhoradas e responsivas, manejo de mecanização, entre outras. Essas razões somadas fazem com que as faixas de produtividade sejam também muito variáveis, desde 40 a 50 toneladas de colmos por hectare (TCH) em canaviais velhos ou em solos depauperados, até mais de 200 TCH em áreas de alta fertilidade, com ou sem irrigação. A alta produtividade é o somatório de muitos acertos. As atividades se iniciam com o conhecimento e o respeito ao solo, nas atividades de preparo e sistematização do terreno e a conservação do solo e da água.

## 4.1. A PRESENÇA DA PALHA SOBRE O SOLO

O grande diferencial neste novo sistema de produção foi a manutenção de altas quantidades de palha na superfície do solo. Neste cenário, a adubação de cana-de-açúcar pode ser muito diferente para cada condição. Há, porém, alguns princípios que se aplicam a todos – pequenos e grandes produtores – e que são determinantes para o sucesso agrônômico, econômico e ambiental.

A quantidade de palhada de canaviais colhidos sem queima varia de 10 a 30 Mg ha<sup>-1</sup> de matéria seca e, nesse material, a relação C/N é bem alta, maior que 100, sendo que o nitrogênio oscila de 40 a 80 kg ha<sup>-1</sup> (ABRAMO FILHO et al., 1993; TRIVELIN et al., 1995, 1996). Em áreas de reforma do canavial, a quantidade de resíduos orgânicos é ainda maior, uma vez que, além da palhada, existirão a parte aérea e o sistema radicular da soqueira velha dessecada, aumentando a quantidade de matéria orgânica e de nutrientes no solo. A palhada pode ter inúmeras funções entre proteger o solo e melhorar as propriedades físicas e químicas.

Como fornecedora de nutrientes, a palha deve sofrer a ação dos microrganismos no processo conhecido como mineralização. A taxa de mineralização depende de fatores como a relação C/N da palhada, que é bem alta. A mineralização do N da palha, assim como sua imobilização na biomassa microbiana, ocorre simultaneamente no solo, e a quantidade de N do material em decomposição determinará, em grande parte, qual das reações será predominante (CASSAMAN & MUNNS, 1980).

A mineralização desse resíduo cultural no solo é dependente de fatores ambientais como temperatura, umidade e aeração, de fatores químicos que dependem, principalmente, da qualidade dos resíduos culturais, especialmente da relação C/N, teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis (NG KEE KWONG et al., 1987; OLIVEIRA et al., 2002).

As formas de N orgânico deverão ser mineralizadas e a intensidade de mineralização dessa matéria orgânica adicionada na superfície do solo dependerá de fatores, tais como: tipo de solo, teor de matéria orgânica e N-total, pH, temperatura, umidade, suprimento de nutrientes inorgânicos e interações solo-planta (BLACK, 1968; JANSSEN & PERSSON, 1982).

Em relação ao potássio (K), por ser muito móvel, e não estar ligado a compostos estruturais da planta, passa rapidamente da palhada para o solo e é fornecido para a soqueira de cana. Como as quantidades de K na palhada são altas, Demattê (2004) calcula que podemos deduzir o K do fertilizante na base de 4 kg K<sub>2</sub>O para cada 1 tonelada de palha presente (base seca). Os experimentos feitos pelo Instituto Agrônômico de Campinas (IAC) também confirmam o fornecimento de K pela palhada e considera-se a dedução de cerca de 30% da dose recomendada quando o solo estiver com mais de 7 toneladas de palha em base seca.

## 4.2. SOLO – A BASE PARA O CULTIVO SUSTENTÁVEL

A alta produtividade inicia-se com um bom diagnóstico das condições em que se encontra o solo a ser cultivado. A presença de impedimentos químicos, físicos ou biológicos deve ser identificada e equacionada. Impedimentos químicos, como acidez, presença de alumínio e manganês aliados à falta de cálcio em profundidade, requerem o uso de corretivos e resíduos por meio de operações de aração ou grade pesada ou por meio de rotativa na época da destruição da soqueira para a renovação do canavial. O impedimento químico impede o crescimento radicular. Mais raízes significa maior volume de exploração de solo, com conseqüente maior volume de utilização de nutrientes e água. Vale lembrar que as plantas necessitam de grande quantidade de água, cerca de 300 a 500 L por quilograma de matéria seca produzida – e que a água é responsável pela aquisição de diversos nutrientes pela planta. Desse modo, é importante garantir que a cana consiga explorar o maior volume de solo possível e aprofundar o sistema radicular. Para isso, sempre que a análise de solo indicar a necessidade de calagem, esta deve ser aplicada e incorporada em área total, além de gessagem indicada por análise em subsuperfície. Estas são práticas essenciais para evitar que impedimentos químicos como excesso de acidez e falta de cálcio em profundidade limitem o desenvolvimento radicular. Para a cana-de-açúcar, por ser uma cultura que permanece no solo por 5 ou mais anos, mediante análises de solo realizadas a cada dois anos, é possível que a calagem seja também recomendada nas soqueiras, e neste caso, por dificuldades de incorporação, recomenda-se a aplicação na superfície sobre a palhada. Quando o solo não é muito ácido, porém, apresenta baixo teor de cálcio, recomenda-se neste caso o uso de gesso. O gesso não corrige acidez, porém, devido a sua maior solubilidade é eficaz na melhoria da fertilidade do solo em profundidade.

O solo corrigido e bem adubado propicia o crescimento das raízes e é garantia de boa produtividade e longevidade. Recomenda-se análise de solo principalmente por ocasião da reforma do canavial, e a cada dois anos das soqueiras.

Temos ainda que cuidar dos impedimentos físicos. Solos compactados por tráfego excessivo ou mau manejo restringem o desenvolvimento radicular. É importante eliminar toda a camada compactada de forma a facilitar a infiltração de água e assim promover o aprofundamento do sistema radicular. Recomenda-se que sejam feitas pequenas trincheiras entre duas linhas de cana, com 0,6m de profundidade para diagnosticar compactação e impedimentos físicos. Atualmente com pilotos automáticos e tecnologia de GPS são possíveis às práticas de controle de tráfego, evitando a compactação da linha da cana.

Nas atividades que antecedem a adubação, alguns fatores podem ser facilmente manejados com praticamente nenhum ou baixíssimos investimentos, e mesmo assim ter canaviais produtivos. Muito importante é conhecer bem o ambiente de produção e associar uma boa

variedade indicada para a região. Ambientes de produção favoráveis apresentam melhores condições ao desenvolvimento das plantas. Nos ambientes de produção existem diferenças quanto à capacidade de armazenamento de água (CAD). Assim, como exemplo o Nitossolo e o Latossolo armazenam 125-150 mm e 60-80 mm, respectivamente. No estudo desenvolvido por Prado et al. (2011), em cana-planta, em dois solos semelhantes na textura e diferentes na química e morfologia: Latossolo Vermelho distrófico textura muito argilosa A moderado (LVd) e o Nitossolo Vermelho eutrófico textura muito argilosa A moderado (NVe) constataram que houve um ganho na produtividade de 15 t ha<sup>-1</sup> para o NVe, ou seja, 11% superior, principalmente pelo maior potencial de água armazenada que esse solo apresenta. Outros fatores como época de plantio e de colheita e qualidade das mudas não podem ser negligenciados. A cana-de-açúcar colhida no outono (início da safra) apresenta pouca influência da deficiência hídrica (20 a 50 mm) se comparada com a colhida na primavera (final de safra) com deficiência hídrica variando de 450 a 550 mm. A época de colheita respeitando o “terceiro eixo” priorizando a colheita no início de safra nos ambientes restritivos quanto à deficiência hídrica e à fertilidade do solo, mostraram nos dados do programa Cana – IAC, que ao colher a cana no início da safra nos ambientes favoráveis em relação ao final de safra houve queda de 15% na produtividade. Já nos ambientes mais restritivos essa queda passa a ser cerca de 30% (ROSSETTO & VITTI, 2016).

Os impedimentos biológicos dizem respeito às pragas que devem ser bem manejadas para garantir que as raízes estejam aptas e eficientes na absorção de nutrientes. Deste modo, a riqueza e diversidade biológica do solo contribui para um sistema radicular saudável. A adubação sempre tem melhores resultados quando feita em solos sem impedimentos físicos e com adequadas propriedades biológicas.

### 4.3. ANÁLISE DE SOLO COMO FERRAMENTA ESSENCIAL

Para um bom manejo nutricional do canavial tudo se inicia com a análise de solo, que é uma ferramenta de baixo custo, fundamental no diagnóstico das características químicas, fornecendo subsídios para as possíveis correções do solo tanto na superfície quanto em profundidade. Antes do plantio da cana-de-açúcar, é recomendado retirar amostra composta (15 a 20 pontos por gleba) da área total. Em soqueiras, recomenda-se a retirada de amostras a cerca de 25 cm da linha de soqueira, onde o efeito da adubação se manifesta. Amostragem na camada de 0-25 cm para fins de cálculo de calagem e adubação e 25-50 cm para avaliar a acidez em profundidade, a disponibilidade de enxofre (S) e a necessidade de gessagem.

## 4.4. A EXPECTATIVA DE PRODUÇÃO

Quanto maior a produção, maior a demanda por nutrientes. Por exemplo, para cada 100 toneladas de biomassa de cana há a exportação de cerca de 90 kg de N, 35 kg de  $P_2O_5$  e 130 kg de  $K_2O$ . Esses nutrientes deixam o campo com a colheita. Se parte ou toda a palha for recolhida, as quantidades exportadas são ainda maiores. Pelo menos esses nutrientes precisam ser repostos para evitar que a fertilidade do solo se deteriore e limite a produtividade nas safras ou cortes seguintes. O ajuste da dose deve levar em conta a análise de solo. Em solos pobres, é preciso aplicar mais do que é exportado. Por outro lado, em solos com altos teores de nutrientes disponíveis, as doses podem ser ajustadas apenas para repor os nutrientes exportados.

## 4.5. MANEJAR A FERTILIDADE DAS SOQUEIRAS

Adubar as soqueiras com N e K não é suficiente. Com o tempo, o solo perde bases e se acidifica. Além disso, o P aplicado no plantio vai se esgotando com as exportações por sucessivos cortes. Com isso, o solo tende a ficar depauperado e após alguns cortes se tornar ácido e pobre em P, acelerando o declínio da produtividade com o tempo. Monitorar a fertilidade por meio da análise de solo e aplicar P, calcário e, se necessário, gesso nas soqueiras é importante para manter a produtividade e evitar que o solo fique muito pobre na época da próxima reforma.

Portanto, é essencial respeitar os princípios básicos para o manejo da fertilização. Os detalhes, como uso de fontes de maior eficiência, complementações foliares e uso de estimulantes, dentre outros, podem conferir ganhos extras, mas apenas se for sobre uma base sólida.

## 4.6. RECOMENDAÇÃO DE ADUBAÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A recomendação de adubação pretende fornecer nutrientes para o desenvolvimento da cultura e manter a fertilidade do solo em níveis médios durante todo o ciclo da cultura, visando atenuar a queda de produtividade com o envelhecimento das soqueiras e também promover o aumento do número de cortes do canavial, evitando que o solo chegue exaurido na época da reforma. Reformar canaviais em solos muito empobrecidos implica em maiores investimentos em insumos e concentração de fertilizantes no sulco de plantio ou próximo deste, restringindo o aproveitamento dos nutrientes.

A cana-de-açúcar extrai e exporta grandes quantidades de nutrientes. Para uma produção de colmos de 100 t/ha a planta acumula na parte aérea aproximadamente 150, 46 e 180 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, exportando com os colmos, 90, 35 e 130 kg/ha de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente. Os cálculos das adubações consideram a necessidade de pelo menos repor os nutrientes removidos pela colheita em solos com teores baixos dos mesmos. A Tabela 1 apresenta a recomendação de adubação para a cana planta.

**Tabela 1.** Recomendação da adubação para cana planta

Produtividade esperada T/ha	N	P (mg/dm <sup>3</sup> )			
		0-6	7-15	16-40	>40
	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)			
<100	30	180	140	80	40
100-130	30	180	160	100	60
130-150	30	200	180	120	80
150-170	30	-	180	140	100
>170	30	-	200	140	100

Produtividade Esperada T/ha	K (mmolc/dm <sup>3</sup> )			
	0-0,7	0,8-1,5	1,6-3,0	>3,0
	K <sub>2</sub> O (kg/ha)			
<100	120	100	80	70
100-130	140	120	100	90
130-150	160	140	120	100
150-170	180	160	140	120
>170	200	160	140	120

Fonte: IAC – Boletim 100 – no prelo.

Dependendo da meta de produtividade da cultura recomenda-se aplicar de 30 a 60 kg de N além da dosagem indicada na tabela, preferencialmente em cobertura. As fontes de N apresentam boa eficiência e se equivalem (ureia, sulfato de amônio, nitrato de amônio, MAP, DAP, resíduos vegetais e animais), ficando sua escolha mais em função do custo. A ureia deve ser incorporada por se tratar de uma fonte que pode se volatilizar resultando em perdas do nutriente.

- Fósforo - A pesquisa científica também determinou que toda a dosagem de P necessária para cinco anos da cultura deve ser aplicada no plantio. Hoje se verifica que alguns solos muito pobres em P podem responder a doses adicionais nas soqueiras, ou mesmo a uma fosfatagem. As fontes mais utilizadas são: superfosfato simples, superfosfato triplo, MAP, DAP, termofosfatos, multifosfato magnésiano, fosfatos naturais, resíduos. A torta de filtro é um importante resíduo da indústria sucroalcooleira utilizada como fertilizante fosfatado. Praticamente 50% do P da torta pode ser considerado como prontamente disponível.

- Potássio - A cana é uma cultura considerada como acumuladora de K. Ela exporta grandes quantidades e, portanto, a resposta à adubação é sempre alta, tanto na cana planta como na cana soca. A vinhaça é outro importante resíduo da indústria sucroalcooleira muito utilizado como fertilizante. Neste caso, calcula-se a dosagem de vinhaça com base em seu teor de K, de tal forma que a necessidade da cultura pode ser suprida apenas pela vinhaça. O uso da vinhaça deve levar em conta a legislação ambiental. A vinhaça concentrada é considerada um fertilizante organomineral e, portanto, não segue a legislação de resíduos. Outros fertilizantes são: o cloreto de potássio ou o sulfato de potássio.

O parcelamento da adubação principalmente do K é uma prática recomendada tanto no plantio como nas soqueiras, quando as doses recomendadas são elevadas e em solos de baixa capacidade de troca catiônica (CTC) poucos tamponados, associado ao período chuvoso.

A presença da palhada permite que se possa descontar 4 kg  $K_2O$  da dose recomendada para cada tonelada de palha em base seca. Entretanto, recomenda-se acompanhar com análise de solo e verificar se o nível de K do solo não sofreu queda significativa.

- Micronutrientes - Solos de muito baixa fertilidade podem apresentar deficiência de micronutrientes, principalmente de cobre (Cu) ou zinco (Zn). O boletim 100 do IAC (no prelo) recomenda as doses apontadas na Tabela 2, segundo os teores apontados na análise do solo. As fontes quelatizadas e fosfito são mais eficientes que os sais. O Boro (B) deve ser aplicado anualmente e o Zn e Cu tem poder residual devendo ser acompanhada a análise do solo no terceiro corte.

**Tabela 2.** Recomendação de micronutrientes

B		Cu		Mn		Zn	
Solo (mg/dm <sup>3</sup> )	Aplicar (kg/ha)						
<0,2	2	<0,3	5	<1,2	5	<0,6	10
0,2-0,6	1	0,3-0,8	0	1,2-5,0	0	0,6-1,2	5
>0,6	0	>0,8	0	>5,0	0	>1,2	0

Fonte: IAC – Boletim 100 – no prelo.

A Tabela 3 apresenta a recomendação de adubação para a cana soca, segundo o Boletim 100 – IAC, no prelo.

**Tabela 3.** Recomendação da adubação para cana soca

Produtividade esperada t/ha	N	P (mg/dm <sup>3</sup> )				K (mmolc/dm <sup>3</sup> )			
		0-6	7-15	16-40	>40	0-0,7	0,8-1,5	1,5-3,0	>3,0
	N (kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)				K <sub>2</sub> O (kg/ha)			
<80	80	40	20	0	0	100	90	70	50
80-100	100	40	20	0	0	140	120	100	70
100-120	120	60	40	30	0	160	140	120	90
120-140	140	60	40	30	0	180	160	140	100
>140	140	60	40	30	0	200	180	160	100

Fonte: IAC – Boletim 100 – no prelo.

É importante considerar o uso de fontes de matéria orgânica como torta de filtro, cama de frango ou torta de mamona, por exemplo. A vinhaça é recomendada pelo seu alto teor de K disponível. Nesse caso, todo o K pode ser fornecido pela vinhaça e também pode ser debitado da recomendação de adubação 70% do N contido na vinhaça. A torta de filtro é muito rica em P, porém, parte desse P é de difícil mineralização. Descontar da dose de adubação 60% do P contido na torta de filtro e também 30% do N. Adubações verdes com leguminosas são indicadas antecipadamente na área de viveiro por adicionar N e ajudar no controle de pragas de solo.

# 5. AS LIÇÕES NO ÂMBITO DA PAISAGEM, ATMOSFERA E BIOTA DO SOLO

## 5.1. ALTERAÇÕES NA PAISAGEM ECOLÓGICA

A avaliação dos impactos da produção de biocombustíveis na paisagem ecológica nas regiões geográficas produtoras de cana-de-açúcar envolve a perda de habitats, fauna e espécies da flora associadas à mudança no uso da terra para a produção de matérias-primas para biocombustíveis e à prática de queima dos canaviais antes da colheita manual. Com o advento da Lei da Queima da Cana (Lei nº 11.241/2002) e do Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético Paulista (PROTOCOLO AGROAMBIENTAL, 2014), o setor evoluiu em ganhos ambientais ligados à redução da queima para colheita, à proteção das áreas ciliares, e também nos processos industriais, com a diminuição do consumo de água para o processamento de cana (resultado de fatores da colheita mecanizada sem queima), limpeza da cana a seco e o fechamento de circuitos de água, dentre outras melhorias, visando a produção sustentável de cana-de-açúcar e seus produtos.

Os critérios adotados para avaliar a sustentabilidade do biocombustível são bastante abrangentes e devem ajudar a garantir os benefícios do uso do biocombustível para a sociedade (FILOSO et al., 2015). No entanto, nosso conhecimento sobre os impactos do manejo de colheita

de cana-de-açúcar com e sem queima no Brasil ainda é limitado, principalmente no que se refere aos aspectos ambientais (CORBIÈRE-NICOLLIER et al., 2011), o que representa um sério obstáculo na avaliação da sustentabilidade do biocombustível de cana-de-açúcar. A limitação existe principalmente porque o Brasil cobre uma extensa área com regiões amplamente diversificadas, que vão desde as florestas tropicais da Amazônia e da Mata Atlântica até as terras secas da Caatinga e savanas do Cerrado. Os impactos da produção de cana-de-açúcar e etanol nestes biomas amplamente diferentes são capazes de variar consideravelmente (SMEETS et al., 2008). No entanto, pouco se sabe sobre essa variação, principalmente quando se considera a diversidade de práticas agrícolas.

Ainda assim, nos últimos 20 anos, muitas informações foram levantadas acerca da emissão de gases causadores do efeito estufa, poluição do ar atmosférico, e os impactos nas formas de vida presentes no solo, permitindo, assim, comparar os efeitos do manejo de colheita manual com queima e mecanizada sem queima no que se refere a esses aspectos ambientais.

## 5.2. EMISSÃO DE GASES CAUSADORES DE EFEITO ESTUFA

Figueiredo e La Scala Jr. (2011) relataram que a colheita manual com queima aumentou as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em 1484,0 kg CO<sub>2</sub> eq. ha<sup>-1</sup> y<sup>-1</sup> em comparação com o manejo de colheita mecanizada sem queima. No entanto, os autores enfatizam que a aplicação de fertilizantes no solo também pode influenciar as emissões de GEE. Azevedo et al. (2014) relataram que o manejo de queima pré-colheita intensifica as emissões de gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e monóxido de carbono (CO). Macedo et al. (2008) relataram emissões de 6,5 kg CH<sub>4</sub> ha<sup>-1</sup> na queima da cana-de-açúcar. Com a crescente introdução da colheita mecanizada, uma redução de 39,3% (de 1,053 para 0,639 t CO<sub>2</sub> eq. ha<sup>-1</sup>) das emissões de GEE foi estimada no estado de São Paulo entre 1990 e 2009 (CAPAZ et al., 2013). De acordo com Capaz et al. (2013), há aumento do teor de ozônio e CO durante a safra da cana-de-açúcar devido à técnica de queima. Em síntese, comparando os dois sistemas de manejo de colheita, o manejo de colheita manual com queima apresenta maiores emissões de GEE, que variam de 558,5 kg C eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> a 2209,2 kg C eq ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> a mais do que o produzido pelo manejo de colheita mecanizada sem queima (GALDOS et al., 2010) (Figura 3).

A reciclagem de nutrientes é uma das principais razões para manter os restos da cultura nas áreas de produção (CARVALHO et al., 2016). Porém, no primeiro ano de produção da cana-de-açúcar, apenas cerca de 20% do resíduo da cultura estão disponíveis para mineralização e depois para desnitrificação e nitrificação, resultando em emissões de óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) dos resíduos da cana de 71,61 kg CO<sub>2</sub> eq. ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> (OLIVEIRA et al., 1999). Emissões de óxido nitroso de 420 kg CO<sub>2</sub> eq. ha<sup>-1</sup> foram estimadas quando o N total nos resíduos da cultura e os valores padrão foram considerados (MACEDO et al., 2008). Devido à alta relação C/N do resíduo da cana-de-açúcar, que pode variar de 70:1 a 120:1 (ROBERTSON & THORBURN, 2007), a imobilização do N do solo deve ocorrer na primeira fase de decomposição da palha. No entanto, devido à disponibilidade gradual de outros macro e micronutrientes da decomposição da palha, espera-se uma diminuição nas emissões de N<sub>2</sub>O (BORDONAL et al., 2012). Fortes et al. (2013) observaram em um estudo de longa duração desenvolvido em um Latossolo, que as quantidades de nutrientes da palha lançadas no sistema solo-planta (em kg ha<sup>-1</sup> e em porcentagem do conteúdo inicial) foram de 12,7 (31%) de N, 0,7 (23%) de P, 43,1 (92%) de K, 18,2 (54%) de Ca, 8 (70%) de Mg e 4,6 (65%) de S, após os três ciclos da cultura.

Em relação à emissão de N<sub>2</sub>O, Pitombo et al. (2017) mostraram que quantidades de resíduo da cultura de 0 a 11,3 Mg ha<sup>-1</sup> reduziram progressivamente as emissões anuais de N<sub>2</sub>O dos solos da cana-de-açúcar, embora os maiores fluxos de gases tenham sido verificados nos tratamentos com maior acúmulo de resíduos. No entanto, os efeitos dos resíduos da cultura nas emissões de N<sub>2</sub>O ainda não são claros nos solos cultivados com cana-de-açúcar. Siqueira Neto et al. (2016) não encontraram diferenças nas emissões de N<sub>2</sub>O dos tratamentos sem ou com 15 Mg ha<sup>-1</sup> de resíduo de cana-de-açúcar na superfície do solo. Esses autores mostram também em seu estudo que as diferentes fontes de N (sintéticas e orgânicas), quantidades aplicadas, as formas de aplicação

(sulco ou cobertura, simples ou combinado) e fatores edafoclimáticos influenciam as emissões de  $N_2O$  e, portanto, necessitam de diferentes fatores de emissão para cada processo de manejo do fertilizante nitrogenado na cultura canavieira. Este fato não permitiu definir até o momento a contribuição das emissões de  $N_2O$  em áreas de produção de cana-de-açúcar sob manejo de colheita mecanizada sem queima (Figura 3).

Os fluxos de  $N_2O$  parecem ser maiores quando os resíduos da cultura e da produção de etanol são combinados com N inorgânico (CARMO et al., 2012; PITOMBO et al., 2016; 2017; FRACETTO et al., 2017). Nos primeiros anos após a conversão do manejo de colheita manual com queima para a colheita mecanizada sem queima, a dose de fertilizante N aplicada à cana-de-açúcar crua é aproximadamente 30% maior do que na cana queimada, aumentando as emissões de GEE em 27% em comparação com a cana queimada (AZEVEDO et al., 2014; MACEDO et al., 2008). Com o passar dos anos, mais resíduos da colheita são adicionados ao sistema, aumentando a quantidade de matéria orgânica prontamente decomposta e diminuindo a entrada de fertilizante N (GRAHAM et al., 2002).

As emissões de GEE devido ao consumo de combustível fóssil da safra com colheita mecanizada sem queima estão relacionadas ao uso de diesel em equipamentos agrícolas e caminhões durante a colheita mecanizada e transporte de colmos (WALTER & ENSINAS, 2010). Eles respondem por cerca de 300 kg  $CO_2$  eq.  $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup> durante a operação de colheita, com um consumo médio de diesel de 74 L  $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup> para um ciclo de safra de 5 anos (FIGUEIREDO & LA SCALA JÚNIOR, 2011). Considerando o consumo de diesel durante a extração, processamento e distribuição, as emissões de GEE aumentam de 466 kg  $CO_2$  eq.  $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup> (em cana queimada) a aproximadamente 750 kg  $CO_2$  eq.  $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup> em um ciclo de safra de 6 anos (BORDONAL et al., 2012).

O manejo de cana crua resulta em um sequestro total de  $CO_2$  de 1173,3 kg  $CO_2$  eq.  $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup> (Azevedo et al., 2014; Macedo et al., 2008). No entanto, Acreche et al. (2014) relataram 43% mais emissões de  $CO_2$  durante o perfilhamento no sistema de cana crua e 247% mais emissões de  $N_2O$  na pós-fertilização do que na cana queimada, e os autores relataram taxas de emissões significativas de  $CH_4$  em comparação com as de  $CO_2$  e  $N_2O$ .

Embora a safra com manejo de cana crua tenha apresentado altas emissões de GEE devido à aplicação de N fertilizante e ao consumo de combustível fóssil, nos primeiros anos da conversão é esperada uma redução nas emissões. De acordo com Panosso et al. (2011), as emissões de  $CO_2$  foram 32% maiores na cana queimada, mesmo 7 anos após a conversão para o sistema de colheita mecanizada sem queima. Nos primeiros anos após a conversão da colheita manual com queima em mecanizada sem queima, Figueiredo e La Scala Jr. (2011) relataram reduções de emissão de 310,7 kg  $CO_2$  eq.  $ha^{-1}$  ano<sup>-1</sup>, excluindo o sequestro de carbono do solo resultante da retenção de resíduos da cultura.

### 5.3. POLUIÇÃO DO AR ATMOSFÉRICO

Embora muito tenha sido aprendido sobre as emissões de gases de efeito estufa na produção de etanol de cana-de-açúcar, as emissões de outros gases e aerossóis permanecem relativamente incertas. O etanol de cana-de-açúcar brasileiro é responsável potencialmente por grandes emissões de poluentes no ar durante o ciclo da cultura porque muitas áreas de cultivo de cana-de-açúcar são queimadas antes da colheita (ARBEX et al., 2007). As emissões de aerossóis e gases traço durante a queima da cana podem afetar a composição e acidez da água da chuva (JACOBSON, 2007). Os aerossóis também causam problemas respiratórios crônicos. Pequenas partículas (aerossóis) liberadas durante a queima podem penetrar profundamente nos pulmões e causar problemas respiratórios. O forçamento radiativo das emissões também pode ter impactos climáticos regionais significativos (RAMANATHAN & CARMICHAEL, 2008). Embora alguns governos regionais tenham começado a incentivar os agricultores a reduzir gradualmente as queimadas, mais da metade das áreas de cultivo de cana-de-açúcar continua a ser queimada. Tsao et al. (2011) mostraram que a rápida expansão do etanol de cana-de-açúcar e as mudanças nos métodos de produção resultam em emissões de poluição do ar que mudam no espaço e no tempo. Os impactos da poluição do ar sobre a saúde e as forças climáticas regionais são talvez alguns dos impactos mais incertos do etanol de cana-de-açúcar, mas são fundamentais para avaliar a sua sustentabilidade.

## 5.4. IMPACTOS NAS FORMAS DE VIDA PRESENTES NO SOLO

Estudos relataram efeitos do manejo do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar nas comunidades microbianas do solo sob menor influência das raízes (SOUZA et al., 2012; NAVARRETE et al., 2015a; VAL-MORAES et al., 2016, DURRER et al., 2017) e rizosfera (PISA et al., 2012; NAVARRETE et al., 2015b; COSTA et al., 2018). No entanto, os efeitos do manejo de colheita manual com queima e mecanizada sem queima em áreas de cultivo de cana-de-açúcar têm sido pouco abordados até o momento sobre tais comunidades biológicas presentes no solo (RACHID et al., 2012; 2013; SOUZA et al., 2012, VAL-MORAES et al., 2016), carecendo, principalmente, de dados conclusivos acerca de tais efeitos na composição taxonômica e funcional de comunidades de microrganismos presentes em solos canavieiros.

De acordo com Souza et al. (2012), a quantidade de carbono da biomassa microbiana no solo é menor em áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob manejo de cana queimada do que manejo de cana crua (Figura 3). A biomassa microbiana é proporcionalmente a menor fração do carbono orgânico do solo e constitui uma parte significativa e potencialmente mineralizável do N disponível para as plantas. Estudos têm mostrado que a microbiota do solo é mais abundante, ativa e diversa em solos cultivados com cana-de-açúcar sob manejo de colheita mecanizada sem queima do que em solo de áreas com colheita manual da cana-de-açúcar com queima (Figura 3). De acordo com Graham et al. (2001), o quociente metabólico microbiano nessas áreas de produção de cana-de-açúcar diminui com o aumento da profundidade do solo, sendo maior na camada do solo de 0 a 30 cm de profundidade, onde o carbono da biomassa microbiana é maior.

De acordo com Chaer & Tótola (2007), esses parâmetros microbiológicos do solo podem ser de grande importância na avaliação precoce de eventuais efeitos adversos do manejo sobre a qualidade do solo, permitindo, assim, identificar se o que ocorre com o sistema de manejo em curso contribui para aumentar ou diminuir a sustentabilidade dos sistemas de produção. Dentre os vários conceitos, Vezzani & Mielniczuc (2009) definem a qualidade do solo com base na integração das propriedades biológicas, físicas e químicas do solo que permitem, ao solo, exercer suas funções no sistema solo-planta-atmosfera. O monitoramento da qualidade do solo em função de práticas de manejo da palhada da cana-de-açúcar na colheita é fundamental para o desenvolvimento sustentável do sistema de produção desta lavoura, e requer a interpretação conjunta de fatores biológicos e químicos do solo, tais como a microbiota e a entrada e saída de carbono e N no solo (Figura 3). Os resultados desse tipo de monitoramento em solos canavieiros submetidos à colheita com e sem queima da palha tem apontado os benefícios de sistemas de produção fundamentados em princípios de agricultura conservacionista, os quais visam a manutenção permanente da cobertura do solo e os restos da cultura nas áreas de produção.

Rachid et al. (2013) utilizaram abordagem molecular para avaliar os efeitos dos métodos de colheita manual com queima e mecanizada sem queima em comunidades microbianas presentes no solo de áreas de produção de cana-de-açúcar no Cerrado brasileiro, e mostraram diferenças na composição e estrutura de comunidades bacterianas entre as áreas submetidas ao manejo com e sem queima, com *Firmicutes* e *Acidobacteria* sendo os grupos mais afetados pela queima. Val-Moraes et al. (2016) também utilizaram abordagem molecular para avaliar os efeitos da queima em comunidades bacterianas do solo em áreas de produção de cana-de-açúcar, e revelaram comunidades bacterianas similares em área cultivada com cana-de-açúcar sob manejo de colheita mecanizada sem queima e área de floresta nativa. Tais comunidades bacterianas diferiram daquelas presente em solo agrícola com cana-de-açúcar sob manejo manual com queima.

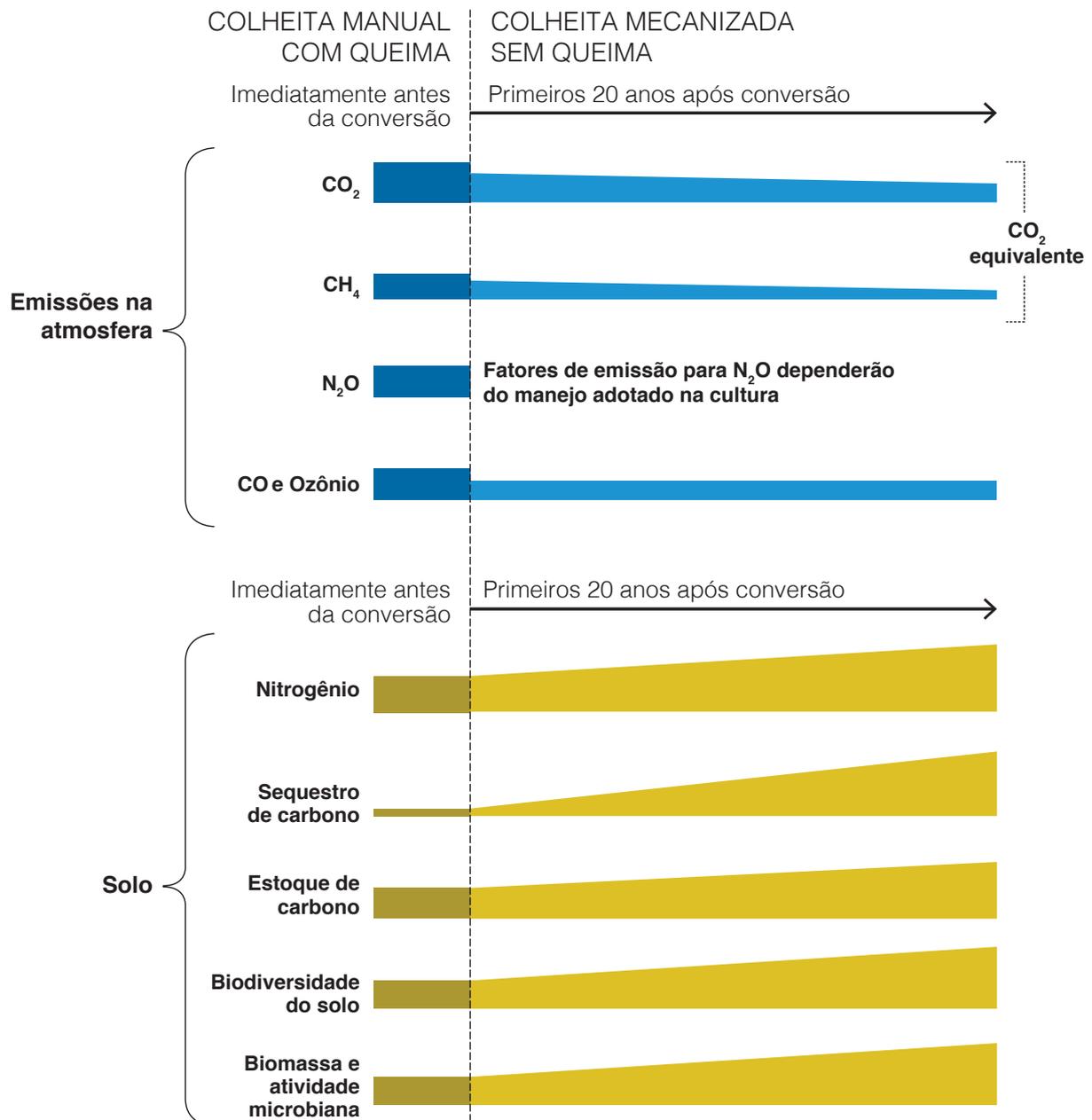
Com base em métodos moleculares de *fingerprinting* da comunidade microbiana, Wallis et al. (2010) mostraram distintas estruturas de comunidades bacterianas em solo cultivado com cana-de-açúcar com resíduos da cultura na superfície e solo de área submetida ao manejo de colheita manual com queima. Por sua vez, Rachid et al. (2013) reportaram efeitos dos manejos de colheita manual com queima e mecanizado sem queima em comunidades bacterianas e fúngicas presentes no solo e genes funcionais a elas associados. Os autores revelaram que a comunidade fúngica do solo é mais sensível às mudanças nos níveis de retenção de resíduos da cultura na superfície do solo, provavelmente devido ao uso destes como substrato. Com relação aos genes funcionais microbianos, mudanças na estrutura da comunidade bacteriana oxidadora de amônia (gene *amoA*) foram correlacionadas com a razão C/N no solo, enquanto correlações não significativas foram reveladas entre a estrutura da comunidade bacteriana desnitrificante (gene *nirK*) e fatores químicos do solo.

Esses estudos da microbiota do solo feitos com base em avaliações moleculares têm colaborado principalmente para melhorar a compreensão dos efeitos dos sistemas de manejo de colheita da cana-de-açúcar com e sem queima nas comunidades microbianas do solo (RACHID et al., 2013), para a identificação de potenciais indicadores microbianos taxonômicos e funcionais para avaliação dos efeitos das práticas de manejo agrícola no solo canavieiro (NAVARRETE et al., 2015a; 2015b), e para a compreensão das comunidades microbianas envolvidas em processos biogeoquímicos associados com a emissão de GEE, de modo a gerar conhecimento capaz de subsidiar a definição de tecnologias para mitigar tais emissões (PITOMBO et al., 2016; LOURENÇO et al., 2018; CHAVES et al., 2019).

O manejo manual com queima da cana-de-açúcar afeta os organismos do solo associados à cultura, diretamente, pelo fogo ou, indiretamente, pela remoção dos restos da cultura que protege o solo expondo-o a variações de temperatura e umidade, por meio da incidência solar, devido às maiores taxas de evaporação e evapotranspiração. O manejo manual com queima, elimina a cobertura do solo e altera condições ambientais de abrigo e de alimentação, limitando os nichos ecológicos (ARAÚJO FILHO & BARBOSA, 2000), ou seja, as condições de sobrevivência da fauna edáfica (Figura 3). Em oposição ao manejo de colheita manual com queima, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar sem queima contribui para a manutenção de adequada umidade, temperatura e matéria orgânica do solo, promovendo a melhoria do ambiente e induzindo maior ocorrência de organismos pela oferta de recursos alimentares e habitats. Isto ocorre devido à deposição dos restos da cultura que aumentam a probabilidade de saprófagos encontrarem alimento durante

todo o ano, além de gerar uma estrutura de habitats que possibilita a colonização dos organismos edáficos (WANNER & DUNGER, 2002). De maneira específica, a cultura implantada e a manutenção dos restos da cultura na superfície do solo afetam as comunidades edáficas (BATÁRY et al., 2008), destacando-se a macrofauna saprófaga, os microrganismos e as relações predador-presa.

**Figura 3.** Principais implicações dos manejos de colheita de cana-de-açúcar com e sem queima para a atmosfera e para os componentes biológicos do solo e os fatores químicos a eles associados



## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De maneira geral, as principais lições para o manejo do solo canavieiro nos primeiros 20 anos de colheita mecanizada no Brasil revelam que a camada de palha formada sobre o solo no sistema de colheita de cana crua modifica o ambiente do solo em vários aspectos, garantindo proteção contra erosão, conservação da umidade, aumento da atividade microbiana, enriquecimento em matéria orgânica que, por conseguinte, pode influenciar positivamente os atributos físicos, químicos e biológicos do solo. No sistema de manejo de colheita sem queima da palha os fatores físicos do solo asseguram a aeração, armazenamento de água e amenizam os impedimentos mecânicos para o desenvolvimento de raízes. Contudo, essa camada de palhada formada sobre o solo deve ser bem manejada com intuito de ocasionar a redução do número populacional de pragas, que se protegem e reproduzem sob a palhada, tornando-se de difícil controle. Esse manejo da palhada deve ser feito de forma que os prejuízos refletidos na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar colhida sem queima prévia possam ser amenizados. Por outro lado, a palhada ou palhicho tem diversas finalidades como alimentação animal, geração de energia, fonte de matéria orgânica e reciclagem de nutrientes para o solo, tornando o sistema eficiente e sustentável.

Outra lição nesses 20 anos de colheita mecanizada é que o solo bem manejado pode manter cultivos de cana-de-açúcar sustentáveis por tempo indeterminado. Uma vez que as práticas agrícolas estão todas interligadas, o preparo do solo, o uso de corretivo, a escolha da variedade, a qualidade da muda, a qualidade das operações se somam aos efeitos da adubação na obtenção da produtividade. Aprendemos ainda que adubações criteriosas aumentam a produtividade, principalmente em solos de baixa fertilidade, e também que existem formas de melhorar a eficiência da adubação considerando as fontes dos nutrientes, modo de aplicação, época do ano e irrigação, entre outras.

Por fim, do ponto de vista ambiental, nosso conhecimento sobre os impactos do manejo de colheita de cana-de-açúcar com e sem queima no Brasil ainda é limitado. Esta limitação deve-se ao fato que tais impactos da produção de cana-de-açúcar nos diferentes biomas brasileiros são capazes de variar consideravelmente, principalmente quando se considera a diversidade de práticas agrícolas. De modo geral, tem sido apontada diminuição das emissões de gases causadores de efeito estufa com a adoção do manejo de colheita mecanizado sem queima em comparação com a colheita manual com queima da palha de cana-de-açúcar. Nesses primeiros 20 anos da Lei da Queima da Cana, observou-se que a safra com manejo de cana crua pode diminuir ainda mais as emissões de gases causadores de efeito estufa a partir do uso mais eficiente de fertilizantes nitrogenados nos primeiros anos da conversão, e com o consumo reduzido de diesel em equipamentos agrícolas e caminhões durante a colheita mecanizada e transporte dos colmos. Apesar dessas lições sobre as emissões de gases de efeito estufa, as emissões de outros gases e aerossóis permanecem relativamente incertas em função das práticas de manejo agrícola em áreas de produção de cana-de-açúcar.

Para finalizar, vale destacar que nos últimos anos foi possível verificar que a microbiota do solo é mais abundante, ativa e diversa em solos cultivados com cana-de-açúcar sob manejo de colheita mecanizada sem queima do que em solo de áreas com colheita manual da cana-de-açúcar com queima. Apesar dessas investigações carecer ainda de dados conclusivos acerca da compreensão detalhada de tais efeitos na composição taxonômica e funcional de comunidades de microrganismos presentes em solos canavieiros, foi possível observar que parâmetros microbiológicos do solo podem ser de grande importância na avaliação precoce de eventuais efeitos adversos do manejo sobre a qualidade do solo, permitindo, assim, identificar se o que ocorre com o sistema de manejo em curso contribui para aumentar ou diminuir a sustentabilidade dos sistemas de produção.

## **FINANCIAMENTO**

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## 7. REFERÊNCIAS

AABRAMO FILHO, J.; MATSUOKA, S.; SPERANDIO, M. L.; RODRIGUES, R. C. D.; MARCHETTI, L. L. Resíduo da colheita mecanizada de cana crua. **Álcool & Açúcar**, v. 1, n. 67, p. 23-25, 1993.

ANDREOTTI, M. *et al.* Acúmulo de nutrientes e decomposição do palhico de cana em função de doses de vinhaça. **Bioscience Journal**, v. 32, n. 2, p. 563-576, 2015.

ARAÚJO FILHO, J. A.; BARBOSA, T. M. L. Sistemas agrícolas sustentáveis para regiões semi-áridas. **Embrapa Caprinos e Ovinos-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 1999.

ARAÚJO MARTINS, F. *et al.* A produção do Etanol de segunda geração a partir do bagaço da cana-de-açúcar. **Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção**, v. 2, n. 3, p. 5-16, 2014.

- ARBEX, M. A. *et al.* Air pollution from biomass burning and asthma hospital admissions in a sugar cane plantation area in Brazil. **Journal of Epidemiology & Community Health**, v. 61, n. 5, p. 395-400, 2007.
- AZEVEDO, L. C. B. de; STÜRMER, S. L.; LAMBAIS, M. R. Early changes in arbuscular mycorrhiza development in sugarcane under two harvest management systems. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 45, n. 3, p. 995-1005, 2014.
- BATÁRY, P. *et al.* Are spiders reacting to local or landscape scale effects in Hungarian pastures? **Biological Conservation**, v. 141, n. 8, p. 2062-2070, 2008.
- BELHADJ, S. *et al.* The biogas production from mesophilic anaerobic digestion of vinasse. **IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)**, v. 5, n. 6, p. 72-77, 2013.
- BETTIOL, W. *et al.* Aquecimento global e problemas fitossanitários. Embrapa Meio Ambiente- **Livro científico (ALICE)**, 488p. 2017.
- BLACK, C. A. Soil-plant relationships. 2. ed., John Wiley and Sons. New York, 792 p. 1968.
- CAMPOS, Dinailson Corrêa de. **Potencialidade do sistema de colheita sem queima da cana-de-açúcar para o sequestro de carbono**. 2003. 103 f. Tese (Doutorado em Microbiologia Agrícola). Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, 2003.
- CAPAZ, R. S.; CARVALHO, V. S. B.; NOGUEIRA, L. A. H. Impact of mechanization and previous burning reduction on GHG emissions of sugarcane harvesting operations in Brazil. **Applied Energy**, v. 102, p. 220-228, 2013.
- CARMO, J. B. *et al.* Infield greenhouse gas emissions from sugarcane soils in Brazil: effects from synthetic and organic fertilizer application and crop trash accumulation. **Global Change Biology. Bioenergy**, v. 5, n. 3, p. 267-280, 2013.
- CARVALHO, G. J. *et al.* Correlação da produtividade do feijão com a resistência à penetração do solo sob plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 765-771, 2006.
- CARVALHO, J. L. N. *et al.* Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. **Gcb Bioenergy**, v. 9, n. 7, p. 1181-1195, 2017.
- CASSMAN, K.G.; MUNNS, D.N. Nitrogen Mineralization as Affected by Soil Moisture, Temperature, and Depth. **Soil Science Society Agronomy Journal**, v. 44, n. 6, p. 1233-1237, 1980.
- CASTRO, L.G.; COGO, N.P.; VOLK, L.B.S. Alterações na rugosidade superficial do solo pelo preparo e pela chuva e sua relação com a erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 2, p. 339-352, 2006.
- CAVENAGHI, A. L. *et al.* Dinâmica do herbicida amicarbazone (Dinamic) aplicado sobre palha de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*). **Planta Daninha**, p. 831-837, 2007.

CHAER, G. M.; TÓTOLA, M. R. Impacto do manejo de resíduos orgânicos durante a reforma de plantios de eucalipto sobre indicadores de qualidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, p. 1381-1396, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J. *et al.* Conservation of natural resources in Brazilian agriculture: implications on weed biology and management. **Crop Protection**, v. 26, n. 3, p. 383-389, 2007.

CHRISTOFFOLETI, P. J. *et al.* Glyphosate sustainability in South American cropping systems. **Pest Management Science**, v. 64, n. 4, p. 422-427, 2008.

CHRISTOFFOLETTI, C. A. *et al.* Sugarcane vinasse: environmental implications of its use. **Waste Management**, v. 33, n. 12, p. 2752-2761, 2013.

CORBIÈRE-NICOLLIER, T.; BLANC, I.; ERKMAN, S. Towards a global criteria based framework for the sustainability assessment of bioethanol supply chains: Application to the Swiss dilemma: Is local produced bioethanol more sustainable than bioethanol imported from Brazil? **Ecological Indicators**, v. 11, n. 5, p. 1447-1458, 2011.

CORREA, M. C. M.; CONSOLINI, F.; CENTURION, J. F. Propriedades químicas de um Latossolo Vermelho distrófico sob cultivo contínuo de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 23, p. 1159-1163, 2001.

CORREIA, N. M.; KRONKA J. R. B. Controle químico de plantas dos gêneros *Ipomoea* e *Merremia* em cana-soca. **Planta Daninha**, v. 28, n. SPE, p. 1143-1152, 2010.

CORREIA, N. M.; REZENDE, P. M. **Manejo integrado de plantas daninhas na cultura da soja**. Lavras: Editora UFLA, 2002. 55 p (Boletim Agropecuário, 51).

CORREIA, N. M.; ZEITOUN, V. Controle químico de melão-de-são-caetano em área de cana-soca. **Bragantia**, v. 69, n.2, p. 329-337, 2010.

CRUSCIOL, C. A. C. *et al.* Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, p. 161-168, 2005.

CTC - **Centro de Tecnologia Canavieira. PRAGAS E DOENÇAS DA CANA-DE-AÇÚCAR**. Disponível em: <https://ctc.com.br/produtos/wp-content/uploads/2018/07/Caderneta-de-Pragas-e-Doen%C3%A7as-da-Cana-de-a%C3%A7%C3%BAcar-CTC.pdf>. Acessado em: 17. set. 2020.

DALCHIAVON, F. C. *et al.* Inter-relações da produtividade de cana soca com a resistência à penetração, umidade e matéria orgânica do solo. **Revista Ceres**, v. 61, n. 2, p. 255-264, 2014.

DALCHIAVON, F. C. *et al.* Relações da produtividade de cana-de-açúcar com atributos químicos de um Argissolo. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 60-69, 2017.

DALCHIAVON, Flávio Carlos. **Correlações de pearson e geoestatísticas entre a produtividade de cana-de-açúcar, estabelecida em dois métodos de colheita, e atributos físico-químicos do solo**. Orientador: Morel de Passos e Carvalho. 2012. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2012.

- DEMATTE, J. L. I. **Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. Visão agrícola, Ed. Esalq/USP, v. 1, ano 1, p. 48-59, 2004.
- ERASMO, E. A. L.; PINHEIRO, L. L. A.; COSTA, N. V. Levantamento fitossociológico das comunidades de plantas infestantes em áreas de produção de arroz irrigado cultivado sob diferentes sistemas de manejo. **Planta Daninha**, v. 22, n. 2, p. 195-201, 2004.
- FERREIRA, E. A. *et al.* Manejo de plantas daninhas em cana-crua. **Planta daninha**, v. 28, n. 4, p. 915-925, 2010.
- FIGUEIREDO, E. B.; LA SCALA J. R. N. Greenhouse gas balance due to the conversion of sugarcane areas from burned to green harvest in Brazil. **Agriculture, ecosystems & environment**, v. 141, n. 1-2, p. 77-85, 2011.
- FILOSO, S. *et al.* Reassessing the environmental impacts of sugarcane ethanol production in Brazil to help meet sustainability goals. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 52, p. 1847-1856, 2015.
- FONTANETTI, C. S.; BUENO, O. C. **Cana-de-açúcar e seus impactos: uma visão acadêmica**. Bauru, SP: Canal, v. 6, p. 275, 2017.
- FRACETTO, F. J. C. *et al.* Effect of agricultural management on N<sub>2</sub>O emissions in the Brazilian sugarcane yield. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 109, p. 205-213, 2017.
- GALDOS, M. V. *et al.* Net greenhouse gas fluxes in Brazilian ethanol production systems. **Global Change Biology and Bioenergy**, v. 2, n. 1, p. 37-44, 2010.
- GARBIATE, M. V.; VITORINO, A. C. T.; TOMASINI, B. A.; BERGAMIN, A. C.; PANACHUKI, E. Erosão em entre sulcos em área cultivada com cana crua e queimada sob colheita manual e mecanizada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 2145-2155, 2011.
- GARCIA, J. F. *et al.* Feeding site of the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Stål)(Hemiptera: Cercopidae) on sugarcane. **Scientia Agricola**, v. 64, n. 5, p. 555-557, 2007.
- GORGEN, C. A.; NETO, A. N. da S.; CARNEIRO, L. C.; RAGAGNIN, V.; LOBO JUNIOR, M. Controle do mofo-branco com palhada e *Trichoderma harzianum* 1306 em soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1583-1590, 2009.
- GRAHAM, M. H. *et al.* Long-term effects of greencane harvesting versus burning on the size and diversity of the soil microbial community. **Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association**, v. 75, p. 228-234, 2001.
- GRAHAM, M. H.; HAYNES R. J.; MEYER, J. H. Soil organic matter content and quality: Effects of fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 34, p. 93-102, 2002.
- JACOBSON, M. Z. Effects of ethanol (E85) versus gasoline vehicles on cancer and mortality in the United States. **Environmental Science & Technology**, v. 41, n. 11, p. 4150-4157, 2007.

- JANSSON, S. L.; PERSSON, J. Mineralization and Immobilization of Soil Nitrogen. In: **Nitrogen in Agricultural Soils**, Book Series: Agronomy Monographs. Stevenson F. J. (Ed.), American Society of Agronomy, v. 22. p. 229-252, 1982.
- JÚNIOR, J. D. G. S. *et al.* Sistema Plantio Direto de cana de açúcar no Cerrado. **Circular Técnica**, 2015.
- LOURENÇO, K. S. *et al.* Nitrosospira sp. govern nitrous oxide emissions in a tropical soil amended with residues of bioenergy crop. **Frontiers in microbiology**, v. 9, p. 674, 2018.
- MACEDO, I. C.; SEABRA, J. E. A.; SILVA, J. E. A. R. Green house gases emissions in the production and use of ethanol from sugarcane in Brazil: the 2005/2006 averages and a prediction for 2020. **Biomass and bioenergy**, v. 32, n. 7, p. 582-595, 2008.
- OLIVEIRA, J. T. *et al.* Inter-relationships of Resistance to Penetration, Moisture and Soil Organic Matter with Irrigated Bean Yield in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Journal of Experimental Agriculture International**, p. 1-12, 2019.
- OLIVEIRA, M. H. R. *et al.* Gestão dos resíduos pós colheita da cana-de-açúcar no cerrado: uso da palhada versus contribuição econômica/Management of waste after harvesting sugarcane in the cerrado: use of strawing versus economic contribution. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 1, p. 3406-3421, 2020.
- MADALENO, L. L. *et al.* Influência da injúria de Mahanarva fimbriolata (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) na qualidade do caldo de cana. **Neotropical Entomology**, v. 37, n. 1, p. 68-73, 2008.
- MATA, J. F. *et al.* Fitossociologia de plantas daninhas em cana-de-açúcar cultivada em área de cana-queimada e cana-crua. **Investigação**, v. 15, n. 1, 2016.
- MONQUERO, P. A. *et al.* Eficácia de herbicidas em diferentes quantidades de palha de cana-de-açúcar no controle de Euphorbia heterophylla. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 613-619, 2007.
- MONQUERO, P. A. *et al.* Eficácia de herbicidas aplicados em diferentes épocas e espécies daninhas em área de cana-de-açúcar colhida mecanicamente. **Planta Daninha**, v. 27, n. 2, p. 309-317, 2009.
- MONQUERO, P. A. *et al.* Weed infestation maps under different Sugarcane harvest systems. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 107-119, 2011.
- MONTEIRO, S. N. *et al.* Natural lignocellulosic fibers as engineering materials—an overview. **Metallurgical and Materials Transactions A**, v. 42, n. 10, p. 2963-2974, 2011.
- MUNDIM, D. A.; PELISSARI, H. N. T.; PEREIRA, F. J. S. Panorama da colheita mecanizada de cana-de-açúcar e seu impacto no manejo da cultura. **Revista Nucleus**, edição especial, p. 79-94, 2009.
- NAVARRETE, A. A. *et al.* Multi-analytical approach reveals potential microbial indicators in soil for sugarcane model systems. **PLoS One**, v. 10, n. 6, p. e0129765, 2015.
- NAVARRETE, A. A. *et al.* Verrucomicrobial community structure and abundance as indicators for changes in chemical factors linked to soil fertility. **Antonie Van Leeuwenhoek**, v. 108, n. 3, p. 741-752, 2015.

- NEGRISOLI, E. *et al.* Associação do herbicida tebuthiuron com a cobertura de palha no controle de plantas daninhas no sistema de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 25, n. 3, p. 621-628, 2007.
- NEGRISOLI, E. *et al.* Influência da palha e da simulação de chuva sobre a eficácia da mistura formulada clomazone+ hexazinone no controle de plantas daninhas em área de cana-crua. **Planta Daninha**, v. 29, n. 1, p. 169-177, 2011.
- NG KEE KWONG, K.F.; DEVILLE, J. Residual fertilizer nitrogen as influenced by timing and nitrogen forms in a silty clay soil under sugarcane Mauritius. **Fertilizer Research**, v. 14, p. 219-226, 1987.
- OLIVEIRA FILHO, F. X. *et al.* Compactação de solo cultivado com cana-de-açúcar em Baía Formosa, Rio Grande do Norte. **Revista Ceres**, v. 63, n. 5, p. 715-723, 2016.
- OLIVEIRA, A. R.; FREITAS, S. P. Levantamento fitossociológico de plantas daninhas em áreas de produção de cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, v. 26, n. 1, p. 33-46, 2008.
- OLIVEIRA, M. W. *et al.* Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2359-2362, 1999.
- OLIVEIRA, M. W. *et al.* Degradação da palhada de cana-de-açúcar. **Scientia agricola**, v. 56, n. 4, p. 803-809, 1999.
- PANOSSO, A. R. *et al.* Soil CO<sub>2</sub> emission and its relation to soil properties in sugarcane areas under Slash-and-burn and Green harvest. **Soil and Tillage Research**, v. 111, n. 2, p. 190-196, 2011.
- PINHEIRO, É. F. *et al.* Impact of pre-harvest burning versus trash conservation on soil carbon and nitrogen stocks on a sugarcane plantation in the Brazilian Atlantic forest region. **Plant and Soil**, v. 333, n. 1-2, p. 71-80, 2010.
- PISA, G. *et al.* Diversity of 16S rRNA genes from bacteria of sugarcane rhizosphere soil. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, v. 44, n. 12, p. 1215-1221, 2011.
- PITOMBO, L. M. *et al.* Straw preservation reduced total N<sub>2</sub>O emissions from a sugarcane field. **Soil Use and Management**, v. 33, n. 4, p. 583-594, 2017.
- PRADO, T. A. B.; VITTI, A. C.; PRADO, H.; ROSSETTO, R. Produtividade de cana-de-açúcar nos ambientes de produção: nitossolos e latossolos vermelhos da região de Piracicaba. In: **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciências do Solo**, 2011, Uberlândia/MG.
- PROTOCOLO AGROAMBIENTAL. Secretaria do Meio Ambiente. Disponível em: <https://smastr16.blob.core.windows.net/etanolverde/2015/02/Protocolo-Agroambiental-do-Setor-Sucroenerg%C3%A9tico-Relat%C3%B3rio-consolidado-RV.pdf>. Acesso em: set. 2020.
- RACHID, C. T. C. C. *et al.* Effect of sugarcane burning or green harvest methods on the Brazilian Cerrado soil bacterial community structure. **PloS one**, v. 8, n. 3, p. e59342, 2013.
- RACHID, C. T. C. C. *et al.* Physical-chemical and microbiological changes in Cerrado Soil under differing sugarcane harvest management systems. **BMC microbiology**, v. 12, n. 1, p. 170, 2012.

RAMANATHAN, V.; CARMICHAEL, G. Global and regional climate changes due to black carbon. **Nature geoscience**, v. 1, n. 4, p. 221-227, 2008.

RAMOS, N. P.; YAMAGUCHI, C. S.; PIRES, A. M. M.; ROSSETTO, R.; POSSENTI, R. A.; PACKER, A. P.; CABRAL, O. M. R.; ANDRADE, C. A. de. Decomposição de palha de cana-de-açúcar recolhida em diferentes níveis após a colheita mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1492-1500, 2016.

RESENDE, A. S. de *et al.* Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 6, p. 937-941, 2006.

RIBEIRO, Carlos Augusto. **Variabilidade espacial da resistência mecânica do solo à penetração em áreas mecanizadas de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*)**. Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani. 2010. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Ciência do Solo). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

ROBERTSON, F. A.; THORBURN, P. J. Management of sugarcane harvest residues: consequences for soil carbon and nitrogen. **Soil Research**, v. 45, n. 1, p. 13-23, 2007.

ROQUE, C. G. *et al.* Comparação de dois penetrômetros na avaliação da resistência à penetração de um Latossolo Vermelho sob diferentes usos. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 53-57, 2003.

ROSIM, D. C.; DE MARIA, I. C.; SILVA, R. L.; DA SILVA, A. P. Compactação de um Latossolo Vermelho Distroférrico com diferentes quantidades e manejos de palha em superfície. **Bragantia**, v. 71, n. 4, p.502-508, 2012.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BALBINOT JÚNIOR, A. A.; BATISTELA, O. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico Alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: II. perdas de nutrientes e carbono orgânico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 437-447, 2000.

SEIXAS, F. L.; GIMENES, M. L.; FERNANDES-MACHADO, N. R. C. Tratamento da vinhaça por adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar. **Química Nova**, v. 39, n. 2, p. 172-179, 2016.

SILVA NETO, H. F. *et al.* Quantificação da palhada de cana-de-açúcar e potencial controle de plantas daninhas. **Revista Trópica: Ciências Agrárias e Biológicas**, v.10, n.1, p. 31-37, 2018.

SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A.; MUNHOZ, W. S. Controle em pós-emergência de plantas daninhas por herbicidas utilizados na cultura da cana-de-açúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró – RN, v. 28, n. 4, p. 21 – 32, 2015.

SILVA, P. V.; MONQUERO, P. A. Influência da palha no controle químico de plantas daninhas no sistema de cana crua. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.12, n.1, p. 94-103, 2013.

SIQUEIRA NETO, M. *et al.* Direct N<sub>2</sub>O emission factors for synthetic N-fertilizer and organic residues applied on sugarcane for bioethanol production in central-southern Brazil. **Gcb Bioenergy**, v. 8, n. 2, p. 269-280, 2016.

SMEETS, E. *et al.* The sustainability of Brazilian ethanol—an assessment of the possibilities of certified production. **Biomass and bioenergy**, v. 32, n. 8, p. 781-813, 2008.

SOARES, M. B. B.; FINOTO, E. L.; BOLONHEZI, D.; CARREGA, W. C.; ALBUQUERQUE, J. A. A.; PIROTTA, M. Z. Fitossociologia de plantas daninhas sob diferentes sistemas de manejo de solo em áreas de reforma de cana crua. **Revista Agro @ Ambiente On-line**, v. 5, n. 3, p. 173-181, 2011. DOI:10.18227/1982-8470ragro.v5i3.594

SOUZA, R. A. *et al.* Effects of sugarcane harvesting with burning on the chemical and microbiological properties of the soil. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 155, p. 1-6, 2012.

SOUZA, Z. M. de *et al.* Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n.3, p. 271-278, 2005.

TAYLOR, H. M.; ROBERSON, G. M.; PARKER J. R.; Jessie J. Soil strength-root penetration relations for medium-to coarse-textured soil materials. **Soil science**, v. 102, n. 1, p. 18-22, 1966.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p.

TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L.; RODRIGUES, J. C. S. Aproveitamento por soqueira de cana-de-açúcar de final de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, p. 1375-1385, 1995.

TRIVELIN, P. C. O.; VICTORIA, R. L.; RODRIGUES, J. C. S. Utilização por soqueira de cana-de-açúcar de início de safra do nitrogênio da aquamônia-15N e uréia-15N aplicado ao solo em complemento à vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 2, p. 89-99, 1996

TSAO, C.; CAMPBELL, J.; CHEN, Y. Air Pollution Emissions and Climate Change Impacts from Indirect Land-use Change (iLUC) due to Incremental Supply of Biofuels. **AGU Fall Meeting Abstracts**, p. 0133, 2011.

UNICA - **União da Indústria de Cana-de-Açúcar** – Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/decisoes-de-diretoria/dd-023-2020-p-procedimentos-para-apresentacao-de-plano-de-aplicacao-de-vinhaca-simplificado/>. Acesso em: 18 set 2020.

VALE, D. W. **Manejo da palha, adubação nitrogenada, potássica e uso de inoculante em soca de cana-de-açúcar**. 2013. 155 f. Tese (Doutorado em Ciências), Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba. 2013.

VICTORIA F. R.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Manejo de plantas daninhas e produtividade da cana. **Visão Agrícola**, v. 1, n. 1, p. 32-37, 2004.

VITTI, A. C.; ROSSETTO, R. Práticas de baixo custo para aumentar a produtividade da cana-de-açúcar - O apostolado da produtividade envolvendo baixo custo de produção. **Revista Opiniões**, v.1, n.48, p. 44-46, 2016.

VITTI, A. C. *et al.* Nitrogênio proveniente da adubação nitrogenada e de resíduos culturais na nutrição da cana-planta. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 46, n. 3, p. 287-293, 2011.

WALLIS, I. R. *et al.* Available and not total nitrogen in leaves explains key chemical differences between the eucalypt subgenera. **Forest Ecology and Management**, v.260, n. 5, p. 814-821, 2010.

WALTER, A. & ENSINAS, A. V. Combined production of second-generation biofuels and electricity from sugarcane residues. **Energy**, v. 35, p. 874-879, 2010.

WANNER, M. & DUNGER, W. Primary immigration and succession of soil organisms on reclaimed opencast coal mining areas in eastern Germany. **European Journal of Soil Biology**, v. 38, n. 2, p. 137-143, 2002.

ZERA, F. S. *et al.* Tolerância de *Luffa aegyptiaca* a herbicidas utilizados em cana-de-açúcar. **STAB**, v. 30, n. 1, 2012..

Este livro foi editorado com as fontes Noto Serif e Roboto  
Publicado on-line em: <https://repositorio.ufms.br/>



ISBN 978-65-86943-58-0



9 786586 943580

