Produção, plantio e condução de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar

Fábio Cesar da Silva | Ariovaldo Luchiari Júnior | Pedro Luís de Freitas | Willian Pereira | Jose Tadeu Coleti | Gustavo Costa Rodrigues | Mariana Lopes Carvalho | Daniel Chistofoleti

Introdução

Entre as diversas tecnologias desenvolvidas e pesquisadas para substituir o plantio tradicional em "toletes" de colmos de cana-de-açúcar, contendo entre 30 a 50 cm no fundo de sulco (Ripoli; Ripoli, 2004; Ripoli et al., 2007), destaca-se a adoção de mudas pré-brotadas (MPBs). Essa tecnologia de MPB traz aprimoramento no plantio de cana-de-açúcar com vantagens claras, como a redução significativa de mudas utilizadas no plantio. Além disso, resulta em diminuição dos riscos de disseminação de pragas e doenças, propiciando a formação de canaviais mais homogêneos e sadios.

A viabilidade do plantio comercial utilizando-se gemas individualizadas já foi demonstrada anteriormente por Ramaiah et al. (1978). Ela consistia no plantio de minitoletes ou minirrebolos, o qual se colocava ao solo de forma similar aos sistemas atuais de MPBs preconizadas pelo do Instituto Agronômico de Campinas – IAC (Landell et al., 2012). Todavia, os sistemas pioneiros de MPB não consideravam etapas de produção de mudas em condições controladas (May; Ramos, 2019). Esse sistema atual proporciona obter áreas de cultivo com alto perfilhamento, rendimento mais elevado e com melhor recuperação de socas. Todas as tecnologias têm em comum possibilitar a redução da quantidade de colmos utilizados por área plantada, a qual geralmente é acima de 20 t de colmos-semente por hectare plantado. Esses sistemas têm valores que são considerados muito altos quando comparados com o plantio mecanizado tradicional, que utiliza uso intensivo de maquinário pesado para ajudar a distribuição de toletes na linha de plantio (May; Ramos, 2019).

No presente capítulo, são descritos diferentes métodos de produção, plantio e condução de MPB de cana-de-açúcar, além de elementos de nutrição e métodos de manejo cultural.

Produção de mudas pré-brotadas na biofábrica

O sistema inicial de multiplicação desenvolvido pelo Programa Cana do IAC e da AgMusa da Basf para produção de MPBs foi adaptado para modelos similares para produtores autônomos de mudas, em especial pela Schiavon Agro em Tambaú, SP. Tal sistema apresenta os mesmos princípios de multiplicação de plantas, trazendo consigo um conceito novo, ou seja, a realização do plantio para formação de viveiros a partir de uma planta desenvolvida em condições controladas.

Quanto à produção de MPBs, são necessárias quatro fases que, segundo Landell et al. (2012) e outros autores em trabalhos pioneiros, são as seguintes: a) corte do minirrebolo; b) tratamento químico; c) brotação; d) individualização ou repicagem; e) aclimatação fase 1; f) aclimatação fase 2. Tais fases duram cerca de 60 dias, as quais podem ser estratificadas em dois subgrupos básicos: pré-brotação e aclimatação.

O primeiro subgrupo se constitui na fase mais crítica do processo quando devem ser investidos os maiores detalhamentos e níveis de

controle (Xavier et al., 2014). Tais preocupações nas fases críticas têm sido observadas na prática de produção pelos produtores autônomos de MPBs, como poderá ser observado no sistema de produção da empresa Schiavon Agro, detalhado no decorrer do texto, segundo descrito no projeto intitulado Desenvolvimento de soluções tecnológicas com escopo na recuperação da produtividade de cana-de-açúcar junto à Cooperativa dos Plantadores de Cana do Estado de São Paulo (Coplacana), desenvolvido em parceria com a Embrapa.

Formação de mudas pré-brotadas para viveiro

A orientação básica para produção de MPBs sadias de cana-de-açúcar é que tenham uma origem controlada, isto é, ser provenientes de viveiros isentos de doenças e pragas, bem como que sejam submetidas a tratamento térmico, não apresentem mistura varietal ou homogeneidade genética e tenham a idade adequada, na faixa de 6 a 10 meses.

A incidência fitossanitária de mudas pode ser observada em duas categorias básicas: a) primária — que vem com as mudas; e b) outras — que infectam as mudas após o plantio. Landell et al. (2012) ressaltam a necessidade de controle do raquitismo da soqueira por se tratar de doença de difícil diagnóstico e que não afeta o estabelecimento da cultura, mas que requer controle específico prévio pela prática da termoterapia que ainda poderá ser difundida na multiplicação vegetativa (Matsuoka et al., 2010). Todavia, outras doenças atuam na fase de formação do canavial, as quais requerem controle, tais como: o carvão, a escaldadura das folhas, o mosaico, a podridão-vermelha e a fusariose, que podem comprometer a qualidade das mudas (Landell et al., 2012).

Para iniciar a produção de mudas no chamado sistema MPB, são utilizados colmos produzidos em viveiros básicos, com todos os cuidados fitossanitários necessários (Landell et al., 2012).

As quatro fases para produção do sistema MPB são descritas a seguir, utilizando-se como exemplo as operações de viveiro da empresa Schiavon Agro.

Primeira fase – Retirada dos colmos, corte e preparo de minirrebolos

A primeira etapa para o desenvolvimento de mudas sadias é a obtenção de "minirrebolos" em viveiros com idade fisiológica entre 6 e 10 meses (Casagrande, 1991), o que permite o maior aproveitamento possível de gemas aptas (Brambilla, 2013).

Em seguida, tem-se a secção por meio de cortes para a preparação dos "minirrebolos", segundo Xavier et al. (2014), indicando a utilização de um sistema de guilhotina com lâmina dupla devidamente desinfestada.

O processo tem início no viveiro pré-primário, onde o tratamento térmico é realizado para combater a bactéria causadora do raquitismo da soqueira.

A empresa Schiavon Agro sugere um esquema operacional para minimização de custo do tratamento térmico na produção de mudas em viveiros (Anexo 1). Dessa operação se retiram as mudas que serão preparadas, cortadas e multiplicadas para o viveiro secundário.

As mudas passam por um processo de multiplicação no viveiro por meio da extração por corte e preparação do minirrebolo. Nessas condições, a brotação da gema envolve um tratamento exclusivo para que a gema se adapte às condições reais de plantio. No sistema Schiavon Agro, o espaçamento entre as lâminas determina o tamanho do minirrebolo, sugerido como sendo de 3 cm, o que viabiliza a utilização da gema individualizada na confecção dos tubetes necessários

durante a multiplicação (May; Ramos, 2019). Nessa fase, realiza-se a seleção dos materiais isentos de danos causados por pragas, doenças e demais injúrias mecânicas.

Na Figura 4.1 ilustram-se alguns detalhes para a produção de MPBs em viveiro e, cronologicamente, antecipam-se as informações que serão abordadas nos tópicos/sessões posteriores, os quais serão agrupados em quatro fases contemplando as seguintes operações: a) corte do minirrebolo (Figura 4.1A); b) tratamentos do minirrebolo — banho térmico (Figura 4.1F) e com fungicidas; c) caixas de brotação com substrato, levadas a ambiente controlado em temperatura e umidade (Figura 4.1C); d) individualização — cada muda colocada em tubete próprio (Figura 4.1B) e repicagem da planta (Figura 4.1D); e) primeira fase de aclimatação em estufa para desenvolvimento das raízes; f) rustificação para

Figura 4.1. Produção de mudas no viveiro da Empresa Schiavon Agro em Tambaú, SP: equipamento de corte da gema (A); substrato na bandeja (B); cobertura da gema com substrato (C); brotação (D); mudas já prontas para campo (E); detalhe da sala do banho térmico (F).

adaptação ao ambiente externo com irrigação reduzida, adubação e podas prévias; g) muda pronta para ser plantada (Figura 4.1E).

Segunda fase – Tratamento das gemas

As gemas são tratadas termicamente através de um banho, podendo a temperatura e o tempo variar de 50 ºC por 2 a 3 horas ou 52 ºC por 30 minutos (Gheller; Godoy, 1987; Matsuoka et al., 2010). Esse tratamento deve ser realizado em uma razão de 200 L de água para 30 kg de colmos de cana. A contagem do tempo do tratamento se inicia quando a temperatura da água atinge a temperatura preestabelecida, sendo necessária a manutenção dessa temperatura durante o procedimento. O controle da temperatura dentro do limite preestabelecido (50 a 52 ºC) é realizado por meio de um termostato, o que garantirá que o tratamento térmico será corretamente aplicado.

Após imersão térmica, o material tratado deve sofrer um resfriamento até a temperatura ambiente. Na sequência, o material deverá receber um banho com um fungicida e um produto enraizador por 5 minutos. Esse banho é constituído por 100 L de solução, suficiente para encobrir 30 kg do material biológico (Figura 4.1F). Essa quantidade corresponde ao preenchimento de duas caixas plásticas até a metade da altura, como ilustrado na Figura 4.1C.

Entretanto, o método recomendado pelo IAC para o controle fitossanitário é a imersão em solução à base de azoxistrobina ou pyraclostrobin a 0,1% por 3 minutos (Xavier et al., 2014). Essa prática é parte do sistema de proteção dos minirrebolos. Para melhorar o vigor do material, podem ser usados outros defensivos agrícolas, o que, na maioria das vezes, está associado ao pacote tecnológico de produção de MPBs. Em condições de casa de vegetação, as mudas brotadas seguem para o transplantio sob orientação e acompanhamento dos técnicos para a plataforma de tubetes (Figura 4.1B).

Terceira fase – Brotação

Esta etapa do processo ocorre em substrato, em caixas plásticas (Figura 4.1C), as quais podem ser alternadas com outros materiais e, até mesmo, fazer adaptações de locais. Tais "minirrebolos" serão distribuídos posicionados com as gemas voltadas para cima e cobertos com substrato na caixa plástica. Estas, por sua vez, são levadas para berçário e cobertas por substrato. Na sequência, são selecionadas em torno de 350 gemas a serem plantadas no substrato, de forma aleatória. Tal prática tem por objetivo garantir uma produção mínima de 280 mudas.

O tempo de permanência no local é em torno de 7 dias, o que vai depender das condições ambientais de temperatura, cujos valores ideais seriam entre acima de 20 ºC e menores que 40 ºC. O controle de temperatura pode ser feito pela circulação do ar do ambiente, isto é, com abertura e fechamento das portas de ventilação, em função do aumento ou diminuição da temperatura, respectivamente. Já no verão, utiliza-se sombrite a 50% para obter uma condição mais amena para melhorar a brotação.

No processo de preparo do "minirrebolo", os colmos de cana são picados manualmente. Normalmente, se retira cerca de oito caixas no dia (em torno de 6.000 gemas), etapa que ocorre antes do banho térmico. Quando a muda é proveniente de viveiro secundário, o material vai direto para tratamento com fungicida.

Nessa fase, o molhamento deve ser suficiente para garantir a manutenção do processo de pré-brotação, com o cuidado de evitar o constante encharcamento da caixa de brotação. O período é variável na ordem de 7 a 10 dias, o que vai depender da variedade em questão e da idade fisiológica da gema a ser utilizada.

Em média, chega-se nessa fase cerca da metade das gemas tratadas no banho térmico com brotação adequada, isto é, a germinação é em torno de 50% após o banho térmico, o que já é uma pré-seleção. Depois de 7 dias, colocam-se as gemas de modo individualizado em bandejas com substrato.

A individualização ou "repicagem" ocorre imediatamente após o período de pré-brotação. Nessa fase são utilizadas bandejas apropriadas com tubetes, além de suportes para sustentá-las e do substrato. Ao substrato são adicionados fertilizantes com diferentes dinâmicas de liberação de nutrientes, de forma balanceada para se evitar a salinização do substrato. A composição do substrato pode ser formada por casca de pinus, vermiculita, areia e fertilizante NPK. De modo geral, se faz a complementação da adubação via pulverizações foliares semanais com fosfato monoamônio – MAP (10–25 g L^{-1}) e nitrato de cálcio (15–25 g L^{-1}).

Esse manejo fitotécnico contribui para o adequado desenvolvimento da nova planta. Destaca-se que, nessa etapa, há um segundo processo de seleção, onde as gemas que não brotaram são descartadas.

Quarta fase – Aclimatação

Após a individualização, o tempo médio de aclimatação das gemas brotadas será de 21 dias em casa de vegetação. Inicialmente, nos primeiros 7 dias em média, utiliza-se uma proteção na parte superior da casa de vegetação com tela de sombreamento a 50%, a qual é retirada no decorrer dessa etapa para aumentar a incidência de luz. A irrigação das plantas será definida de acordo com o seu desenvolvimento. Para o estímulo ao enraizamento e a redução da perda de água, é realizada, no final dessa fase, uma poda de cerca de 80% da área foliar. Esse procedimento deve ser realizado com ferramentas higienizadas, segundo o sistema IAC (Landell et al., 2012), a fim de diminuir o potencial de transmissão de doenças, a exemplo do raquitismo da soqueira.

A última etapa do processo de aclimatação ocorre em bancadas a pleno sol (Figura 4.1D). Nesta fase, o objetivo principal é a adaptação e rustificação das mudas para o plantio no campo. Para isso, as podas foliares são intensificadas nas três semanas seguintes. Em média, são necessárias três podas nesse período. O fornecimento de água é feito via irrigação, em geral por microaspersão (Figura 4.2), com aplicação média de 4 mm dia^{-1} ou com o manejo da irrigação baseado em 80% da evapotranspiração de referência, fornecidos em três ou quatro turnos de rega (Landell et al., 2012; Ohashi et al., 2020). No fim dessa etapa, a muda estará em condições de ser retirada e transportada para o plantio (Figura 4.1E). Na última fase de produção das MPBs, tem-se a atuação no campo; buscando-se o manejo correto, o produtor passa a contar com mudas para formação de um canavial sadio e com alto potencial de produtividade.

O processo de produção da muda varia em razão da época do ano no sistema de produção da Schiavon Agro. Nesse sistema de produção, a cana demora, no inverno, entre 60 a 90 dias para chegar ao ponto e, no verão, entre 30 a 40 dias. Para liberar a muda para ser plantada no campo, deve ser realizado um preparo prévio com 48 horas de antecedência, efetuando-se um tratamento com fipronil e a fertirrigação com Ajifer (Ajinomoto Interamericana Indústria e Comércio Ltda.), fertilizante organomineral líquido obtido a partir da fabricação do aminoácido essencial lisina como fonte de nitrogênio (N).

Antes do plantio em campo, as MPBs devem ser pulverizadas ainda na bandeja com solução de nutrientes e fipronil, na dose de 30 g por 100 L de água sobre as mudas. Caso o plantio seja feito para fins de sistema Método inter-rotacional ocorrendo simultaneamente (Meiosi), ou seja,

Foto: Willian Pereira

Figura 4.2. Etapa final do processo de aclimatação de mudas pré-brotadas em bancadas a pleno sol.

para ser usado como mudas para futuros plantios, o que será explicado em tópico adiante, não fazer aplicação foliar posterior.

Se o plantio da MPB for realizado para a produção de mudas a serem colhidas com 12 meses ou mais, realizar uma aplicação foliar de 100 g ha^{-1} da solução de nutrientes após 90% do perfilhamento já desenvolvido.

Tecnologia de produção de mudas pré-brotadas no campo

Planejamento do plantio

O planejamento das operações de plantio inclui a decisão quanto à época e os espaçamentos mais adequados, a fim de garantir a produção de matéria-prima e a longevidade do canavial. A seguir, são descritas as etapas de plantio e as formas mais adequadas de distribuição de mudas na área e no sulco de plantio, além da seleção de variedades para a produção de mudas.

Épocas de plantio

Tradicionalmente nomeiam-se duas épocas distintas de plantio: cana de ano e meio: 18 meses, e cana de ano: 12 meses. Essa caracterização se refere ao plantio que proporciona um canavial com maior massa quando iniciado nos meses de fevereiro a abril. A "cana de ano e meio", com plantio no período de fevereiro a abril, é colhida com o maior período cronológico de crescimento, com tempo de crescimento entre 13 e 18 meses. Apresenta taxa de crescimento mínimo, ou mesmo nula ou negativa, de maio a setembro, no Centro-Sul, em razão das condições pouco favoráveis do inverno. Já com o início das precipitações, o aumento da intensidade luminosa e também da temperatura, a fase de maior desenvolvimento acontece de outubro a abril, com o pico do crescimento por volta de

dezembro a abril (Vitti; Mazza, 2002). Já a "cana de ano" é plantada em setembro–outubro, tem seu desenvolvimento máximo de novembro a abril, diminuindo após, por causa das condições climáticas adversas do período de inverno no Centro-Sul, podendo essa colheita ocorrer a partir de julho, isso em razão da cultivar.

Atualmente, práticas alternativas de manejo permitem o plantio durante o ano todo, desde que respeitado o período de baixas temperaturas que ocorrem em algumas regiões específicas. A restrição ao plantio ocorre apenas em 2 meses: junho e julho. Mesmo no noroeste de São Paulo e em toda a região Centro-Oeste do Brasil (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás), o plantio é viável durante todo o ano, desde que ocorra alguma precipitação antes ou logo após a operação; ou então que seja feita irrigação suplementar. Na Tabela 4.1 apresentam-se as diferentes oportunidades de plantio e suas limitações, indicando que o melhor período para plantio se situa entre os meses de março a setembro e considerando-se a limitação hídrica logo após o plantio. Evita-se, assim, deixar a área em pousio, garantindo-se produtividades esperadas próximas da modalidade "ano e meio". Um canavial implantado nesse período não sofrerá interrupção no seu crescimento, como ocorre no plantio de "ano e meio", uma vez que o período de máximo desenvolvimento da cultura ocorre no período de maior pluviosidade.

Espaçamento entre linhas de plantio

A escolha do espaçamento mais adequado entre as linhas de plantio varia para cada tipo de solo. O relevo e o manejo influenciam a quantidade e a qualidade da matéria-prima produzida.

Tabela 4.1. Épocas de plantio e limitações climáticas para manejo em condição de deficiência hídrica durante e após plantio e no andamento da safra (7º e 9º mês) de cana-de-açúcar.

Época de plantio	Deficit hídrico no máximo desenvolvimento, número de dias	Necessidade de irrigação para qualidade de plantio	Deficit hídrico, limite da safra em curso, número de dias	Irrigação complementar em cana alta, 7º e 9º mês pós-plantio (indicação)
Janeiro	90–120	0	0	Evitar plantio
Fevereiro	120–150	0	0	Evitar plantio
Março	120	0	0	0
Abril	90	0	0	0
Maio	60	Eventual	0	0
Junho	30	Eventual	0	0
Julho	0	Necessária	30	0
Agosto	0	Necessária	60	0
Setembro	0	Eventual	60–90	Eventual
Outubro	30	0	90–120	Necessária
Novembro	30–60	0	120–150	Indispensável
Dezembro	60–90	0	150	Indispensável

Nota: abril a agosto = melhor época de plantio (laranja).
Fonte: Coleti et al. (2006).

Os espaçamentos simples (linha simples) podem variar entre 0,90 e 1,8 m. Em lavouras com colheita mecanizada, o espaçamento de 1,5 m é o mais adotado por facilitar a colheita e causar menor prejuízo às soqueiras (pisoteio pelos rodados de colhedoras e transbordo). Para a colheita manual, o espaçamento entre linhas com melhores resultados é de 1,40 m (Silva et al., 2013).

Espaçamentos duplos alternados ou combinados podem também ser adotados, buscando-se maior eficiência na colheita mecanizada e menor compactação do solo pelo tráfego de máquinas. Nesses espaçamentos, há alternância de duas linhas com espaçamento entre 0,50 a 0,90 cm, e duas linhas com maior espaçamento entre linhas de 1,5 a 2,0 m (Ripoli et al., 2007). Espaçamento combinado adotado normalmente é o chamado "abacaxi", com distâncias de 0,50 e 1,5 m. Um sulco com largura entre 0,50 a 0,70 m pode ser usado (Silva et al., 2013). Outro espaçamento é o duplo alternado, com distâncias de 0,90 e 1,5 m (Figura 4.3).

Etapas de plantio

Na prática, a escolha das variedades a serem plantadas é feita regionalmente em razão das condições edafoclimáticas previamente conhecidas por meio da caracterização dos ambientes de produção (Landell et al., 2006). De um modo geral, o ambiente de produção é definido em função das condições hídricas, físicas, morfológicas, químicas e mineralógicas dos solos sob manejo adequado da camada arável, associadas com as condições de subsuperfície dos solos e ao clima regional (precipitação, temperatura, radiação solar, evaporação) (Landell et al., 2006; Prado et al., 2008; Bertolani et al., 2015).

Fatores que afetam o estabelecimento das mudas e a produtividade para geração de gemas

Necessidade hídrica para o estabelecimento do canavial

Uma das etapas fundamentais para o estabelecimento da MPB é a irrigação (Campbell et al., 2001). Esta pode ser realizada de diferentes formas, sendo as mais utilizadas por aspersão e por caminhões pipas (Figura 4.4). Estudo de Elia (2016) durante plantio de inverno, na região de Piracicaba, SP, sob diferentes lâminas de irrigação (10, 20, 30 e 40 mm), mostrou que lâminas de 10 mm aplicadas em quatro épocas garantem um índice de pegamento adequado e um alto vigor de plantas no estabelecimento e desenvolvimento das MPBs.

Foto: José Tadeu Coleti

Foto: Fábio Cesar da Silva

Figura 4.3. Canavial implantado no espaçamento combinado de 1,50 x 0,90 m.

Foto: Daniel Chistofoleiti

Figura 4.4. Molhamento da área de plantio de mudas pré-brotadas com caminhões pipas.

A eficiência da aplicação de lâminas de 10 mm em quatro épocas foi confirmada em experimento conduzido em Lençóis Paulista, SP, nos anos de 2014 e 2015 por Silva et al. (2016), com diferentes espaçamentos e distância entre mudas. Verifica-se uma estreita relação entre o índice de mortalidade de MPBs no plantio de inverno com a irrigação, fundamental para o estabelecimento e desenvolvimento de MPBs nos primeiros dias após o plantio.

População de mudas na área e o arranjo de plantas

O plantio de mudas pode ser realizado em dois sistemas: manual ou mecânico. Para o plantio manual, após o preparo do solo (convencional, profundo com subsolagem ou profundo canterizado, sulcação segundo o espaçamento escolhido — linha simples, duplo alternado ou combinado, adubação e aplicação de pesticidas, ou abertura de sulcos pouco profundos sob a palha de culturas de cobertura específicas — plantio direto), caixas com MPBs são distribuídas ao longo dos sulcos. Em seguida, as mudas são dispostas nos sulcos por uma ferramenta adaptada, convencionalmente denominada de "chucho" (Figura 4.5) ou de uma plantadeira manual ("matraca ou saraquá"), sendo que o chucho é o mais indicado pela facilidade operacional, chegando a um rendimento de 1.500 mudas plantadas por

Foto: Daniel Chistofoleiti

Figura 4.5. Plantio manual de mudas pré-brotadas com utilização de "chucho" para abertura das covas e plantio.

pessoa por dia. O plantio com plantadeira manual tem limitações por ser inconveniente se o preparo do solo tenha deixado torrões ou baixa qualidade do plantio e por requerer constantes trocas de operadores por ser mais pesada.

Para o plantio mecanizado, é necessário um excelente preparo de solo e nivelamento do terreno para que a plantadeira realize todas as operações, a começar do sulcamento. O solo em condições ótimas de plantio garante que as mudas não fiquem em sulcos rasos, expostas ao ressecamento. Em estudo realizado pela Embrapa em parceira com a empresa Basf na área de produção da PHD Cana/Grupo Zilor, de 2013 a 2015, avaliou-se o pegamento de mudas do sistema AgMusa com diferentes tipos de preparo do solo e diferentes espaçamentos entre linhas de cana e entre mudas de cana na linha (Silva et al., 2016; Almeida, 2019). Os autores verificaram que o preparo do solo e os espaçamentos entre linhas e entre MPBs influenciaram a fertilidade do solo (Tabela 4.2), no teor de fósforo (P) disponível extraído pela resina, no pH $CaCl_2$, na saturação por bases — Ca, Mg, SB, V e CTC, em ambas as camadas (0–20 cm e 20–40 cm) de solo (Silva et al., 2017).

O sistema Penta apresenta teores de cátions trocáveis mais baixos na camada de 20–40 cm (Tabela 4.2). Por se tratar de um preparo intenso do solo, o sistema favorece a lixiviação no perfil com cinco funções simultâneas: subsola, aplica corretivo, aleira a palha, incorpora e destorroa (Silva et al., 2013). Desse modo, o preparo de solo em profundidade ocorre somente na faixa onde será instalada a cultura no espaçamento duplo alternado (0,90 x 1,50 m).

Verificou-se que, em todos os tratamentos, ocorreram na camada subsuperficial (20–40 cm), aos 9 meses após o plantio, teores muito baixos de potássio (<0,7) e baixos de magnésio (<4) e de sulfato (<4). Houve uma tendência de que o preparo profundo "canterizado" promova uma menor fertilidade na superfície e na subsuperfície, em saturação de bases e nos teores de bases (Tabela 4.2).

A distância entre mudas influencia no número de colmos ou perfilhos por metro quadrado (Figura 4.6). A competição entre perfilhos na linha fica evidente ao compararmos nas épocas de 170 e 310 dias após plantio (DAP). No entanto, após o fechamento do canavial, há estabilização de 12 a 14 colmos por metro quadrado que se estende até a colheita.

O plantio de MPBs distanciadas de 0,55 m na linha produziu o maior número de gemas por hectare, o maior perfilhamento e a maior produtividade na cana-planta (Figura 4.7). O desenvolvimento de soqueiras de cana-de-açúcar a partir do plantio de MPBs foi obtido para mudas plantadas nas distâncias de 0,70 e 0,85 m no espaçamento duplo alternado (0,90 x 1,5 m) e em linha simples (1,5 m). No espaçamento combinado ("abacaxi", de 0,50 x 1,4 m), a melhor distância entre mudas foi de 0,85 m (Figura 4.8).

O plantio de MPBs distanciadas de 0,55 m na linha produziu o maior número de gemas por hectare, o maior perfilhamento e a maior produtividade (Figura 4.7). O desenvolvimento de soqueiras de cana-de-açúcar a partir do plantio de MPBs foi obtido para mudas plantadas nas distâncias de 0,70 e 0,85 m no espaçamento duplo alternado (0,90 x 1,5 m) e em linha simples (1,5 m). No espaçamento combinado ("abacaxi", de 0,50 x 1,4 m), a melhor distância entre mudas foi de 0,85 m (Figura 4.8).

Xavier et al. (2014), avaliando três cultivares de cana em três distâncias entre MPBs e duas distribuições de gemas, não encontraram diferenças na produtividade (TCH) entre os diferentes tipos de plantio e variedades. A quantidade de colmos por metro linear (média de perfilhos por metro) foi diferente para as variedades testadas, sendo que a IAC91-1099 teve a

Tabela 4.2. Influência do preparo de solo e do espaçamento sobre a fertilidade do solo aos 9 meses, na cana-planta.

Tratamento	Matéria orgânica (MO)	pH $CaCl_2$	$P_{assimilável}$-resina	K^+	Ca^+	Mg^+	Soma de bases (S)	Saturação por bases (V%)	$S\text{-}SO_4$
	(g dm^{-3})		(mg kg^{-1})	($cmol_c$ kg^{-1})	($cmol_c$ kg^{-1})	($cmol_c$ kg^{-1})	($cmol_c$ kg^{-1})	(%)	(mg dm^{-3})
0–20 cm									
Linha simples (1,5 m), preparo convencional	10,8	5,6a	27	1,01	17,2	6,09 a	24,8	58,6	2,37
Duplo alternado (0,90 x 1,5 m), convencional	9,9	5,2ab	17	0,87	15,5	5,33ab	21,6	53,3	2,15
Combinado (0,50 x 1,4 m), convencional	10,9	5,4ab	35	1,21	18,2	5,71ab	25,1	56,9	2,76
Combinado (0,50 x 1,4 m), preparo profundo	10,9	5,3ab	26	1,05	15,5	5,17ab	21,7	53,8	2,15
Duplo alternado (0,90 x 1,5 m), preparo profundo canteirizado	9,1	4,9b	26	0,98	10,9	3,88b	15,7	42,6	2,49
20–40 cm									
Linha simples (1,5 m), preparo convencional	8,3	5,2	12	0,53	10,5	4,50 a	15,5	41,7	1,42
Duplo alternado (0,90 x 1,5 m), convencional	7,9	4,7	9	0,48	9,4	3,62ab	13,5	34,8	1,26
Combinado (0,50 x 1,4 m), convencional	8,2	5,0	19	0,68	10,4	3,34ab	14,4	38,5	1,85
Combinado (0,50 x 1,4 m), preparo profundo	8,1	4,8	9	0,62	7,8	2,96b	11,4	32,5	1,79
Duplo alternado (0,90 x 1,5 m), preparo profundo canteirizado	8,2	42	16	0,53	7,9	2,65b	10,5	31,2	1,52

Letras minúsculas iguais nas colunas não diferem estatisticamente pelo Teste de Tukey ($p<0,05$).

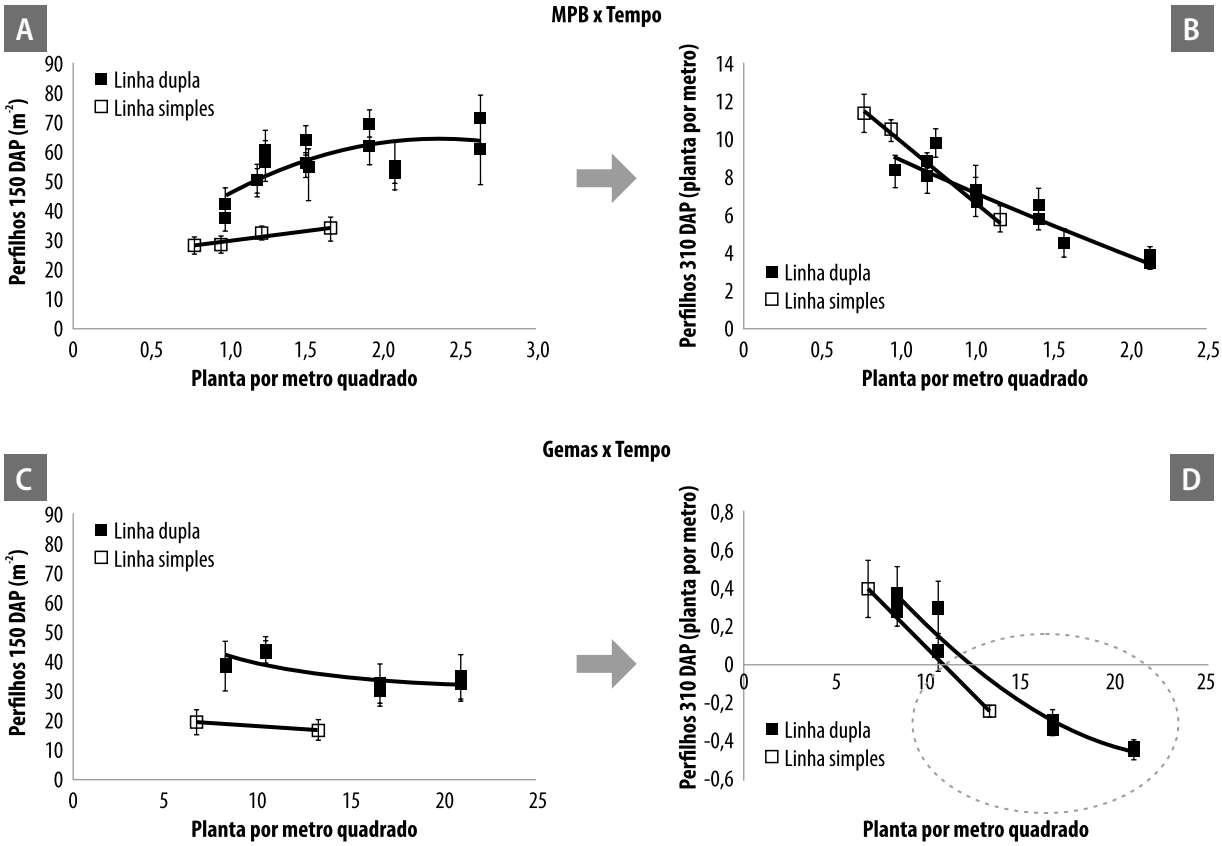

Figura 4.6. Influência da distância entre mudas, expresso em plantas por metro quadrado, nos espaçamentos duplo alternado (linha dupla) e linha simples, no perfilhamento da cana-planta aos 150 e 330 dias após plantio. Contagem de perfilhos por metro quadrado aos 150 DAP (A) e aos 310 DAP (B), aumentando a densidade de plantas por metro quadrado; contagem de perfilhos por metro quadrado, em relação à população de gemas originais plantadas aos 150 DAP (C) e 310 DAP (D).

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2017).

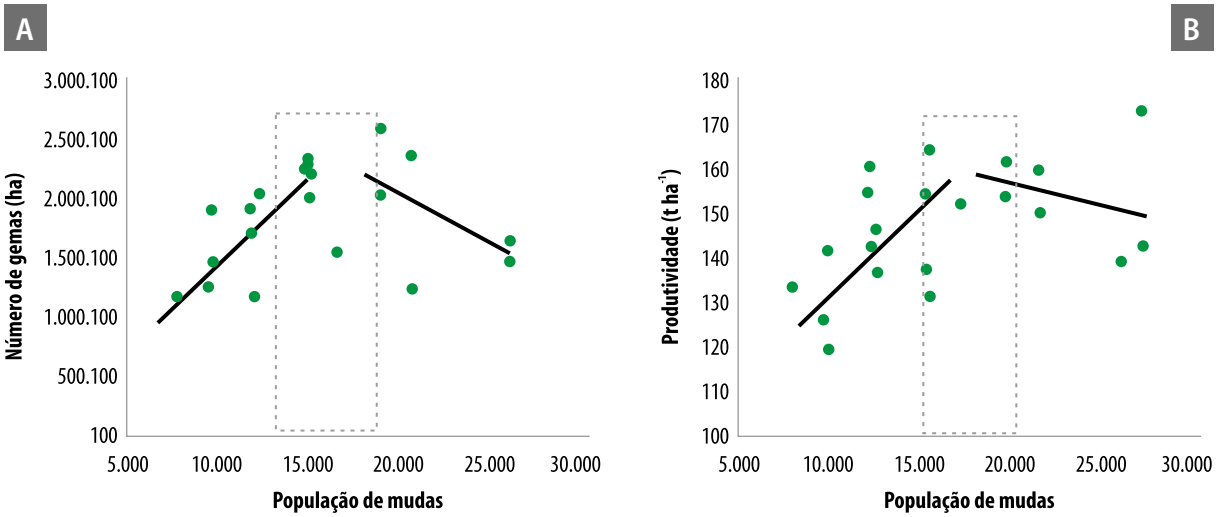

Figura 4.7. Influência da população de mudas pré-brotadas no plantio sobre a produtividade (A); produção de gemas por hectare do viveiro na cana-planta (B).

Fonte: Adaptado de Silva et al. (2017).

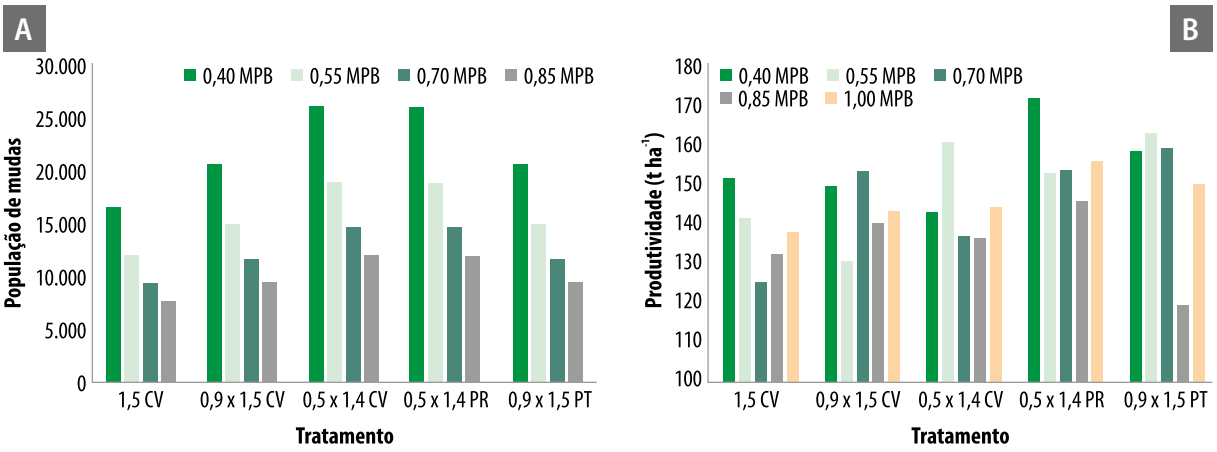

Figura 4.8. Influência da distância entre mudas pré-brotadas no sulco de plantio na produção de gemas para fazer mudas (gemas ha^{-1}) (A) e produtividade de colmos por hectare (t ha^{-1}), na cana-planta (B), em diferentes tipos de preparo do solo e espaçamento (1,5 CV – Linha simples, preparo convencional; 0,90 x 1,5 m CV – Duplo alternado, convencional; 0,5 x 1,4 m CV – Combinado, convencional; 0,5 x 1,4 m PR – Combinado, preparo profundo; e 0,90 x 1,5 m PT – Duplo alternado, preparo profundo canteirizado).

maior média (16,1 colmos por metro), seguida da IACSP95-5000 (15,4 colmos por metro), da IACSP95-5000 (15,1 colmos por metro) e da RB867515 (12,0 colmos por metro), que pode estar associado à produtividade (TCH).

O efeito do tipo de plantio utilizando-se segmentos de colmo (toletes) e MPBs na cana-planta e três canas-socas foi estudado por Silva et al. (2017) na área de produção da PHD Cana/Usina Zilor em Lençóis Paulista, SP. Maiores distâncias entre MPBs na linha (0,70 e 0,85 m) apresentaram as melhores produtividades de colmos (Figura 4.9). Os estudos realizados por Silva et al. (2017) permitem concluir que:

a) A melhor produtividade foi obtida pelos arranjos de linhas duplas, com uma distância entre MPBs de 0,70 a 0,8 m; já no espaçamento combinado, a distância foi de 0,85 m entre mudas.

b) A melhor distância entre MPBs foi de 0,70 m, produzindo um maior número de gemas por hectare e maior perfilhamento da cana.

c) As melhores produtividades ocorrem naqueles tratamentos com população de MPB entre 15 a 18 mil plantas por hectare, resultando em produtividades acima de 145 TCH na cana-planta.

Arquitetura foliar das plantas

Foram avaliados os efeitos de diferentes arranjos de plantas (espaçamento e população de MPBs) na produtividade de cana-de-açúcar, bem como em outros aspectos agronômicos. Para tanto, um experimento foi planejado e executado pela Embrapa, em parceira com as empresas Basf e PHD Cana/Grupo Zilor, implantado em meados de setembro de 2014. Experimento descrito por Silva et al. (2016), no qual foi considerado o delineamento experimental de blocos ao acaso em parcelas subdivididas em esquema fatorial (variedade versus preparo do solo/espaçamento). Nessas condições, foi estudada a influência do fator variedade na interceptação de luz diferenciada em função da arquitetura de folha (prostradas/CTC 9001 ou eretas/CTC 9003), sendo cada parcela subdividida em quatro subparcelas cujos tratamentos são densidades na linha de plantio com mudas do sistema MPB: 40, 60 e 80 cm entre mudas. A recomendação da distância entre mudas foi de 0,55 e 0,70 m, mas a principal informação é a

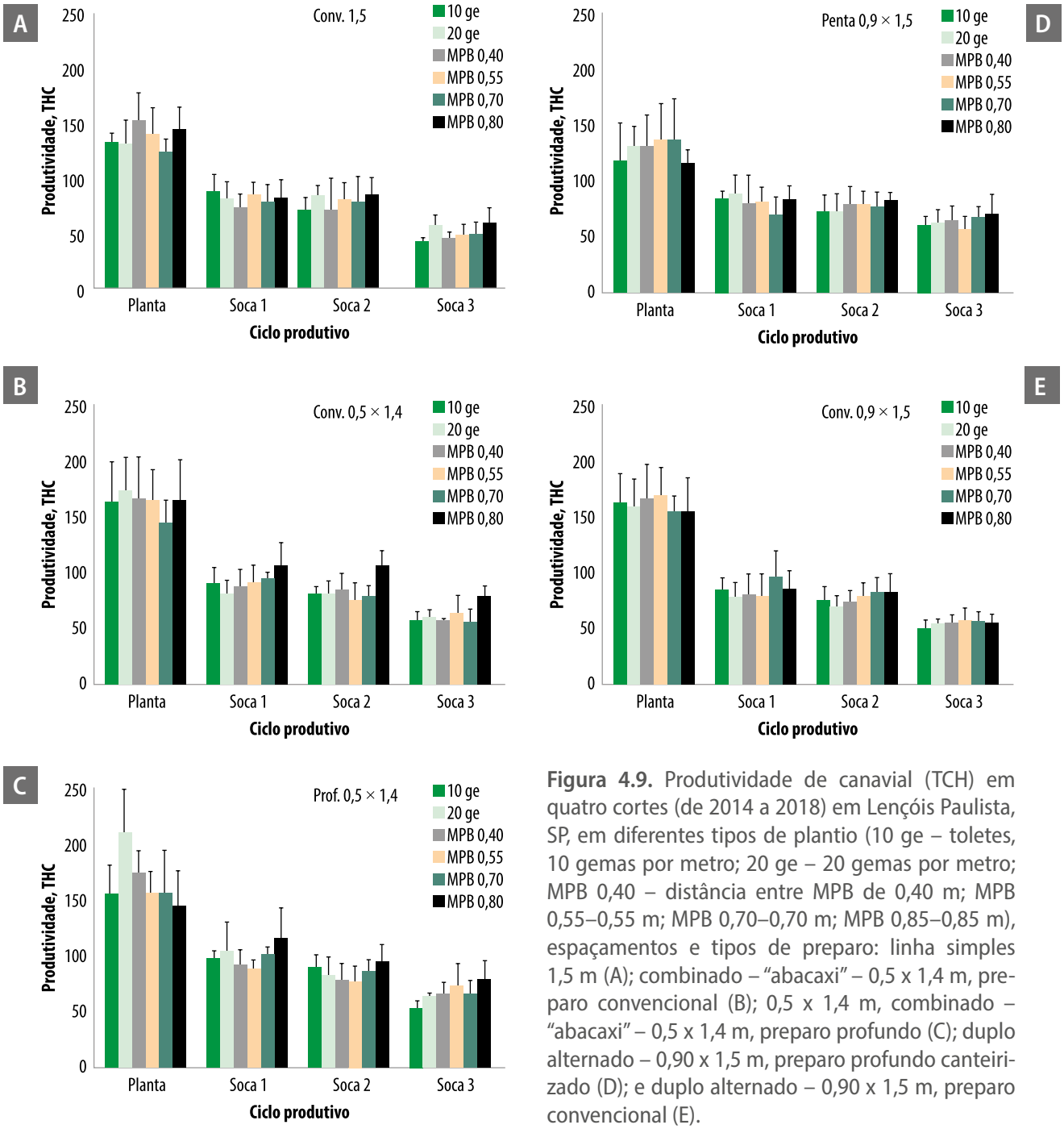

Figura 4.9. Produtividade de canavial (TCH) em quatro cortes (de 2014 a 2018) em Lençóis Paulista, SP, em diferentes tipos de plantio (10 ge – toletes, 10 gemas por metro; 20 ge – 20 gemas por metro; MPB 0,40 – distância entre MPB de 0,40 m; MPB 0,55–0,55 m; MPB 0,70–0,70 m; MPB 0,85–0,85 m), espaçamentos e tipos de preparo: linha simples 1,5 m (A); combinado – "abacaxi" – 0,5 x 1,4 m, preparo convencional (B); 0,5 x 1,4 m, combinado – "abacaxi" – 0,5 x 1,4 m, preparo profundo (C); duplo alternado – 0,90 x 1,5 m, preparo profundo canteirizado (D); e duplo alternado – 0,90 x 1,5 m, preparo convencional (E).

capacidade de suporte do ambiente em receber uma população acima de 100 mil colmos na colheita, sendo a população ideal de MPB variável com as variedades de distintas arquiteturas de folhas que chegaram as populações: 11.500 a 13.000 plantas para folhas mais prostradas (CTC 9001) e de 15.000 para folhas mais eretas (CTC 9003). Quanto ao preparo do solo, foram obtidos maiores valores de produtividade para os tratamentos sob o sistema Penta em relação ao sistema convencional (Figura 4.10).

O espaçamento de plantio utilizado nas culturas deve ser definido em razão da maximização do índice de área foliar (IAF) relacionado com a interceptação da radiação solar (Tejera et al., 2007). Já para plantas cultivadas com diferenças varietais na arquitetura foliar, sugere-se a adoção de espaçamento de plantio diferente do

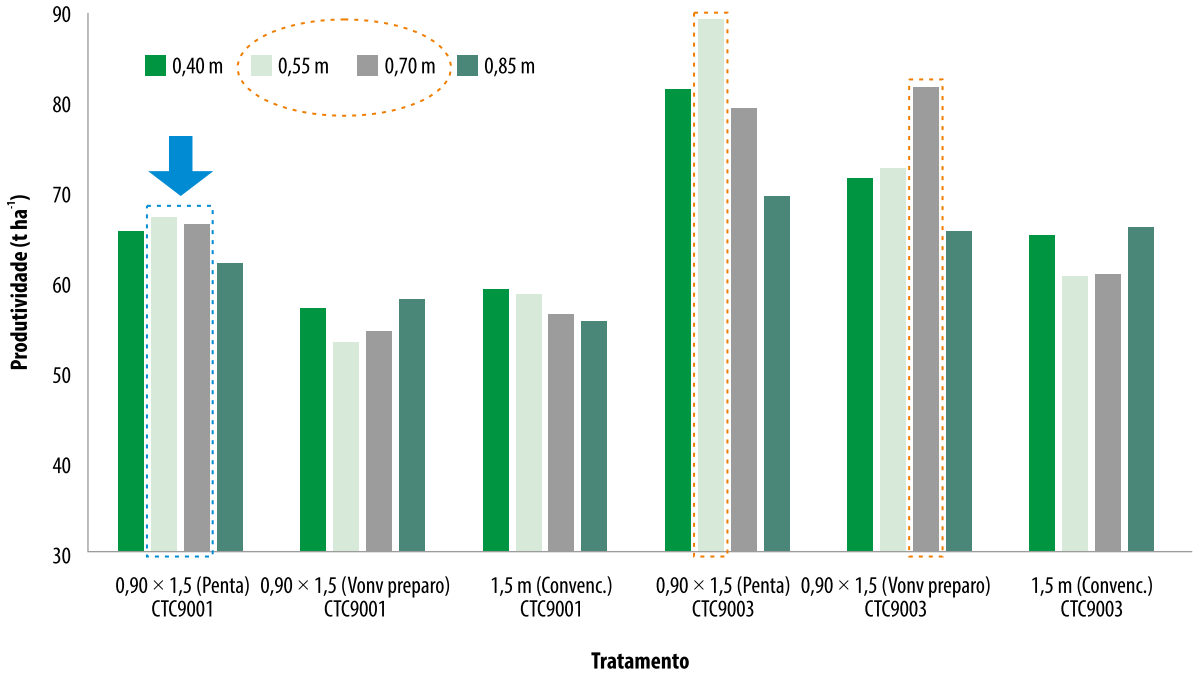

Figura 4.10. Produtividade agrícola da cana-de-açúcar sob influência dos sistemas de preparo do solo (Penta e Convencional), variedades (CTC9001 e CTC9003), e distância entre as MPBs na produtividade (0,40, 0,55, 0,70 e 0,85 m).

habitualmente utilizado (Campbell et al., 2001). O aumento do IAF em razão do adensamento de plantio favorece a interceptação da radiação solar, mas pode reduzir a produtividade da cultura em resposta à queda da fotossíntese global da planta (Campbell et al., 2001). Por sua vez, o aumento de produtividade pode ser obtido em virtude do adensamento de plantio em plantas com arquitetura de folhas mais eretas.

Os subtratamentos com as menores distâncias entre mudas (0,40 a 0,55 m) foram os de maiores valores em perfilhamento, em comparação a maiores distâncias entre as plantas (0,70 e 0,85 m) (Tabelas 4.3 e 4.4), valores observados na colheita. Para cana-de-açúcar, diferenças de produtividade são encontradas em função do espaçamento de plantio utilizado (Figura 4.6), e a maior produtividade na cana-planta de algumas variedades é com espaçamento de plantio adensado na cana-planta, como se observa amplamente na literatura (Bell; Garside, 2005). Ressalta-se que, nos estudos conduzidos na produção com ou sem queimada do canavial, se conhece sobre a influência direta da arquitetura foliar sobre a produtividade das plantas (Marchiori et al., 2014) e possivelmente razões associadas às características de variedades. Nos resultados de presente experimento, esses fatores se refletiram na produtividade de colmo e de gemas, onde se observou que a arquitetura foliar mais ereta das plantas (CTC 9003) resultou num maior número de colmos e gemas. A recomendação da distância entre mudas foi entre 0,55 e 0,70 m (Figura 4.6), isto é, se for um plantio por muda pré-brotada, ou MPB, em linha dupla alternada, poderia ser 0,70 m entre plantas, se fizer um arranjo em "losango", o que demanda dez vezes menos matéria-prima por hectare.

O sistema de produção no duplo alternado (0,90 x 1,5 m) mostrou-se como a melhor alternativa para ambas as variedades, em comparação aos sulcos simples (1,5 m), mas a melhoria promovida pelo preparo profundo não refletiu em ganho de produtividade da cana-planta, na comparação de médias no teste de Tukey.

Tabela 4.3. Análise de variância: teste de Tukey para médias de diferentes espaçamentos (Trat A) para produção de gemas, diâmetro médio e açúcar de cana (pol, ATR e TAH) na colheita da cana-planta.

Causa da variação	Total de gemas por hectare	Diâmetro	Pol % Cana	ATR	TAH
S Simples (1,5 m)	1377661AB	0.185	15.09A	149.5A	10.87ª
Duplo alternado (0,90 x 1,5 m)	1481712A	0.175	14.88AB	147.4 AB	9.50 B
Duplo alternado (0,90 x 1,5 m) Penta	1313982B	0.170	14.52B	144.1B	8.75 B
DSM a 5%	232478	0.0487	0.495	3.522	1.029
S Simples (1,5 m)	1377661AB	0.185	15.09A	149.5A	10.87ª
Duplo alternado (0,90 x 1,5 m)	1481712A	0.175	14.88AB	147.4 AB	9.50 B
Duplo alternado (0,90 x 1,5 m) Penta	1313982B	0.170	14.52B	144.1B	8.75 B
DSM a 5%	232478	0.0487	0.495	3.522	1.029

Tabela 4.4. Análise de variância: teste de Tukey para médias de diferentes variedades (Trat B) para produção de gemas, diâmetro médio e açúcar de cana (pol, ATR e TAH), na colheita da cana-planta, a 5% de probabilidade.

Causa da variação	Produtividade	Peso total	Peso sem palha	Peso líquido	Número de colmos	Número de gemas/2TC	ATR	TAH
CTC 9001	59.7B	96.7	85.08	73.2B	72460B	252.7 B	149.1A	8.91B
CTC 9003	72.3A	129.3	101.0	90.7 A	90446 A	287.4 A	144.9B	10.51ª
DSM a 5%	4.60	34.4	16.38	13.77	5907	29.5	3.12	0.695

Sistema Método inter-rotacional ocorrendo simultaneamente (Meiosi)

O sistema Meiosi (acrônimo de Método inter-rotacional ocorrendo simultaneamente) constitui ferramenta de introdução rápida de novos materiais genéticos com a redução drástica de operações no plantio definitivo e significativa redução do custo de plantio. Na prática, o sistema Meiosi trata-se de um método utilizado pelos produtores de cana para a introdução de nova variedade por MPB em áreas comerciais. O dado mais relevante na sua escolha é a possibilidade de movimentar apenas 25% dos recursos num primeiro momento de plantio, em que toda a cana que seria destinada ao plantio, na data convencional, passa a fazer parte do volume a ser industrializado.

Quando se menciona que 20 ou 25% da área devem ser mantidas com cana no plantio e o restante com uma oleaginosa, isso diz respeito ao espaço intercalar que se elege para o sistema. Para plantios de 15 de agosto a 15 de outubro, pode-se trabalhar com 20%, ou seja, duas linhas plantarão dez linhas definitivas após 6 meses; para plantio de 15 de outubro a 15 de novembro, sugere-se a relação de duas linhas plantando-se oito linhas definitivas.

Há uma redução no consumo direto de muda no plantio por instalar, inicialmente, apenas cerca de 20% da área de cana na lavoura. Toma-se, como exemplo, uma área de 100 ha. Para essa

área, a demanda normal seria de 1.600 t, pensando-se que a plantadora somente gaste 16 t ha^{-1}. Por sua vez, essa mesma área, planejada com sistema Meiosi, gastará apenas 320 t, que, após 6 meses, vai cobrir os restantes 80%. Na verdade, planta-se efetivamente apenas 20 ha, sobre uma área disponível de 100 ha. E se deixa para moagem na indústria praticamente a totalidade das 1.600 t que ganhará em peso pelo fato de ser colhida com idade normal (14 a 16 meses) e com a possibilidade de ainda colher a soca das 320 t.

Rotação com culturas anuais com sistema Meiosi

Outras culturas começam a fazer parceria com a cana-de-açúcar, como o amendoim, a soja, o girassol, e culturas de cobertura do solo, como as crotalárias (Figuras 4.11 a 4.13). No caso das crotalárias, a retirada da área ocorre 90–100 dias após o plantio no máximo, o que permite a desdobra das linhas-mães do sistema Meiosi.

O plantio em sistema Meiosi tem como objetivo central de formar o viveiro básico de muda de cana-de-açúcar dentro da própria área de renovação. Tal técnica de plantio pode ser realizada de forma manual ou mecanizada; se for de forma manual, utiliza-se um grupo de três pessoas no campo fazendo-se as operações de plantio em sequência.

Como iniciar o processo do sistema Meiosi

Haverá sempre o ponto de partida e este depende de um plantio anterior ou da utilização de soca de muda em bom estado de sanidade, pois, via de regra, não há muda pronta para a época de início do sistema Meiosi — julho a outubro —, a menos que se programe com um ano de antecedência ou se utilizem MPBs.

O segredo do sucesso da técnica, seja com mudas de tolete, seja com MPB, está fundamentado no cuidado na implantação, provendo-se água suficiente para a germinação (no caso de toletes) ou para o pegamento, enraizamento e consolidação, no caso da MPB (Figuras 4.14 a 4.16).

O emprego da MPB se apresenta como uma alternativa para suprir a falta de material para

Foto: José Tadeu Coleti

Figura 4.11. Sistema Método intercalar-rotacional ocorrendo simultaneamente (Meiosi) com a cultura da soja, em 15/5/2010, Piracicaba, SP.

Foto: José Tadeu Coleti

Figura 4.12. Sistema Método intercalar-rotacional ocorrendo simultaneamente (Meiosi) com a cultura do amendoim, em 15/5/2010, Piracicaba, SP.

Foto: José Tadeu Coleti

Figura 4.13. Sistema Método intercalar-rotacional ocorrendo simultaneamente (Meiosi) com *Crotalaria spectabilis* (cultura de cobertura do solo), em 15/6/2010, Piracicaba, SP.

Foto: José Tadeu Coleti

Figura 4.14. Muda pré-brotada com irrigação logo no plantio, em 15/5/2010, Piracicaba, SP.

Foto: José Tadeu Coleti

Figura 4.15. Plantio do sistema Meiosi com muda pré-brotada, já consolidado, em 15/5/2010, Piracicaba, SP.

Foto: José Tadeu Coleti

Figura 4.16. Duas linhas-mães do sistema Meiosi e a desdobra lateral, em 20/10/2010, Olímpia, SP.

plantio "fora de tempo", como é o caso do sistema Meiosi, cuja época fosse de setembro–outubro, quando, normalmente, não existe material com qualidade de muda.

Manejo da fertilização

Soares et al. (2016) estudaram em sistema de plantio com mudas pré-brotadas (MPBs) para avaliar a produtividade em razão de fontes e doses de nitrogênio em dois ciclos de cana com a variedade IACSP95-5000, cana-planta e cana-soca. Os autores demostraram que, na cana-planta, não houve resposta à adubação nitrogenada. Por sua vez, no cultivo de cana-soca ocorreu resposta à dose de nitrogênio aplicado, atingindo o máximo de produção de colmos próximo à dose de 120 kg ha^{-1} de nitrogênio. Não houve diferenças entre as fontes de nitrogênio, ureia e nitrocálcio.

Outra abordagem é o uso de fertilizantes de liberação controlada na formação de MPBs de cana-de-açúcar. Estudo de Garcia et al. (2016) avaliou os efeitos de fontes, mostrando que elas não influenciaram o desenvolvimento inicial em altura de MPB de cana-de-açúcar.

Controle de plantas invasoras

Outro fator relevante é a utilização de controle químico adequado, o que implica a seleção de herbicidas baseados na seletividade desses produtos a serem aplicados em pós-emergência sobre MPBs de cana-de-açúcar, como estudado por Azania et al. (2015). Os autores estudaram a seletividade dos princípios ativos dos herbicidas hexazinone, ametryn, metribuzin, mesotrione e 2,4-D aplicados em pós-emergência da cana-de-açúcar, variedade IACSP95-5000 cultivada nos sistemas de plantio convencional (tolete) e de MPBs. Os herbicidas foram aplicados em pós-emergência com vazão de 220 L ha^{-1}. Os herbicidas hexazinone, ametryn, metribuzin, mesotrione, 2,4-D foram seletivos à cana-de-açúcar, variedade IACSP95-5000, no plantio convencional e no plantio com MPB, independente de a aplicação pós-emergente ter sido efetuada com a planta mais jovem (7 dias do plantio) ou mais desenvolvida (40 dias do plantio).

Considerações finais

De modo geral, o tratamento duplo alternado (0,90 x 1,5 m) mostrou-se superior ao convencional (espaçamento simples a 1,5 m), promovendo melhores perfilhamentos por metro linear ou quadrado, assim como na parcela como um todo — mensurado nas duas linhas centrais. Os subtratamentos com as menores distâncias entre mudas (de 0,40 a 0,55 m) foram as de melhores perfilhamentos no estabelecimento da cultura, em comparação a maiores distâncias entre as plantas (0,70 e 0,85 m). Entretanto, ao fim do ciclo, os tratamentos que obtiveram os maiores números de perfilhos e produtividade foram os de 0,70 e 0,85 m entre mudas, se considerar de três a quatro cortes do canavial. Tal aspecto é relevante porque se considera para a produção de mudas a utilização das gemas viáveis dos colmos colhidos na cana-planta. Entretanto, com o controle sanitário adequado rigoroso, poderiam se utilizar os materiais produzidos na primeira cana-soca, até ocasionalmente na segunda cana-soca.

Quando comparada ao plantio convencional, a MPB apresenta uma série de vantagens:

a) Origina um estande homogêneo, com alto número de perfilhos e plantas vigorosas que elevam o potencial produtivo.

b) Estabelece um canavial livre de doenças e pragas, partindo de muda sadia isenta de problemas fitossanitários.

c) Simplifica as operações de plantio com mecanização racional da lavoura e otimiza o uso de mão de obra.

d) Aumenta a velocidade na expansão de áreas, por causa da rapidez na introdução de novas variedades e na renovação do banco varietal, com maior retorno sobre o investimento.

e) Apresenta maior produtividade de gemas nos viveiros.

f) Exibe um menor consumo de mudas por hectare pelo ajuste de população ideal pela variedade e ambiente de produção.

Há ainda pouca participação das MPBs em áreas comerciais de cana-de-açúcar no País, mas, tornou-se uma realidade na formação de viveiros. É uma tecnologia para plantio promissora, em que os pesquisadores estão se dedicando há algum tempo, porém, é um tema muito amplo e ainda cabem muitos estudos.

Referências

ALMEIDA, G. C. A. de. **Serviços ecossistêmicos do solo em sistemas agroflorestais**: estado da arte e estudo de caso em São Gonçalo – RJ. 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Biossistemas) – Universidade Estadual Fluminense, Escola de Engenharia, Niterói, RJ.

AZANIA, C. A. M.; BIZZI, G. M.; VITORINO, R.; BELUCI, L. R.; AZANIA, A. A. P. M. Seletividade de diferentes herbicidas aplicados previamente ao plantio de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. **STAB**, v. 33, p. 36-38, 2015.

BELL, M. J.; GARSIDE, A. L. Shoot and stalk dynamics and the yield of sugarcane crops in tropical and subtropical Queensland, Australia. **Field Crops Research**, v. 92, n. 2-3, p. 231-248, June 2005. DOI: 10.1016/j.fcr.2005.01.032.

BERTOLANI, F. C.; JOAQUIM, A. C.; DONZELLI, J. L. Sistema de classificação edafoclimática para a cultura da cana-de-açúcar. In: SILVA, F. C. da; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. de (ed.). **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. v. 1, p. 362-373.

BRAMBILLA, W. P. **Estudo da fisiologia de gemas laterais de cana de açúcar durante o armazenamento**. 2013. 39 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas) -- Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Instituto de Biociências, Botucatu.

CAMPBELL, C. S.: HEILMAN, J. L.; McINNES, K. J.; WILSON, L. T.; MEDLEY, J. C.; WU, G.; COBOS, D. R. Seasonal variation in radiation use efficiency of irrigated rice. **Agricultural and Forest Meteorology**, v. 110, n. 1, p. 45-54, Dec. 2001. DOI: 10.1016/S0168-1923(01)00277-5.

CASAGRANDE, A. A. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar**. Jaboticabal: Funep, 1991. 157 p.

COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J.; RIBEIRO, L. D.; OLIVEIRA, G. R. de. Remoção de macronutrientes

pela cana-planta e cana-soca, em argissolos, variedades RB835486 e SP81-3250. **STAB**, v. 24, n. 5, p. 32-36, maio/jun. 2006.

ELIA, P. **Estabelecimento e desenvolvimento de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar sob diferentes lâminas de irrigação**. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) -- Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba.

GARCIA, J. C.; SOUZA, R. M. de; OHASHI, A. Y. P.; SILVA, L. P. M.; PIRES, R. C. de M.; XAVIER, M. A. Fertilizantes de liberação controlada na formação de mudas pré-brotadas de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 10., 2016, Ribeirão Preto. **Anais**... Ribeirão Preto: Stab, 2016. p. 241-244.

GHELLER, A. C. C.; GODOY, O. P. Eficiência comparativa de dois sistemas de tratamento térmico na inativação do agente causal do raquitismo da soqueira em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 4., 1987. Olinda. **Anais**... Olinda: Stab, 1987. p. 257-266.

LANDELL, M. G. de A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A. dos; DINARDO-MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; BIDÓIA, M. A. P.; SILVA, D. N. da; MENDONÇA, J. R. de; KANTHACK, R. A. D.; CAMPOS, M. F. de; BRANCALIÃO, S. R.; PETRI, R. H.; MIGUEL, P. E. M. **Sistema de multiplicação de cana-de-açúcar com uso de mudas pré-brotadas (MPB), oriundas de gemas individualizadas**. Campinas: Instituto Agronômico, 2012. 16 p. (Documentos IAC, 109).

LANDELL, M. G. A.; XAVIER, M. A.; ANJOS, I. A.; VASCONCELOS, A. C. M.; PINTO, L. R.; CRESTE, S. Manejo varietal em cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de (org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CP 2, 2006. p. 57-68.

MARCHIORI, P. E. R.; MACHADO, E. C.; RIBEIRO, R. V. Photosynthetic limitations imposed by self-shading in field-grown sugarcane varieties. **Field Crops Research**, v. 155, p. 30-37, Jan. 2014. DOI: 10.1016/j.cr.2013.09.025.

MATSUOKA, S.; BRESSIANI, J.; MACCHERONI, W.; FOUTO, I. Bioenergia da cana. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (ed.). **Cana-de-açúcar**: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologia e perspectivas. Viçosa, Mg: UFV, 2010. p. 548-577.

MAY, A.; RAMOS, N. P. **Uso de gemas individualizadas de cana-de-açúcar para produção de mudas**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2019. 18 p. (Embrapa Meio Ambiente. Circular técnica, 29). Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/197206/1/Andre-May-CT-29.pdf. Acesso em: 1 fev. 2021.

OHASHI, A. Y. P.; PIRES, R. C. de M.; XAVIER, M. A.; PERECIN, D.; SILVEIRA, L. K.; PETRI, R. H. Irrigation management based on reference evapotranspiration for pre-sprouted plantlets of sugarcane cultivars. **Bragantia**, v. 79, n. 2, p. 293-304, Apr./June 2020. DOI: 10.1590/1678-4499.20190288.

PRADO, H. do; PÁDUA JÚNIOR, A. L.; GARCIA, J. C.; MORAES, J. F. L. de; CARVALHO, J. P. de; DONZELI, P. L. Solos e ambientes de produção. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 179-204.

RAMAIAH, B. B.; RAO, G. N.; RAO, G. H. P. Elimination of internodes in sugarcane seed piece. In: INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESs, 16., 1977, São Paulo. **Proceedings**... São Paulo: ISSCT, 1978. p. 1509-1514.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar**: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: T. C. C. Ripoli, 2004.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C.; CASAGRANDI, D. V.; IDE, B. Y. **Plantio de cana-de-açúcar:** estado da arte. 2. ed. rev. ampl. Piracicaba: T. C. C. Ripoli, 2007. 198 p.

SILVA, F. C. da; COLETI, J. T.; STOLF, R. Impacto de los sistemas mecanizados sin quema em la producción agroindustrial de azúcar y energia. In: SILVA, F. C. da; DÍAZ-AMBRONA, C. G. H.; ITURRA, A. R. (ed.). **Desarrollo sostenible de la producción de bioetanol y azúcar**: a partir de la caña de azúcar. Madrid: Editorial Académica Española, 2013. p. 149-194.

SILVA, F. C. da; CUADRA, S. V.; RODRIGUES, G.; LUCHIARI JUNIOR, A.; FREITAS, P. L. de; ROSSETTO, H. C. P.; HIIPOLITO, G. Influência da arquitetura do dossel, espaçamento entre linhas e distância entre mudas pré-brotadas na produtividade agrotecnológica da cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 10., 2016, Ribeirão Preto. **Anais**... Ribeirão Preto: STAB, 2016. p. 245-248. Disponível em: http://www.stab.org.br/congresso_nacional_stab/imagens/anais_congress_nacional_stab_2016.pdf. Acesso em: 21 maio 2021.

SILVA, F. C. da; RODRIGUES, G. C.; CUADRA, S. V.; LUCHIARI JUNIOR, A.; FREITAS, P. L. de; ROSSETO, H.; HIPOLITO, G. Avaliação da produtividade da cana-planta sob diferentes espaçamentos entrelinhas, entre plantas pré-brotadas e arranjos em Cerrados do Estado de São Paulo. In: SIMPÓSIO TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR, 8., 2017, Piracicaba. [**Trabalhos científicos**]. Piracicaba: GAPE, 2017. p. 20.

SOARES, J. R.; MONTEZANO, Z. F.; CANTARELLA, H.; VITTI, A. C.; ROSSETTO, R.; PINTO, L. R. N.; DEGASPARI, I. A. M.; GONZAGA, L. C. Produtividade de cana-de-açúcar em função de fontes e doses de N no sistema de plantio com mudas pré-brotadas. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 10., 2016, Ribeirão Preto. **Anais**... Ribeirão Preto: STAB, 2016. p. 228-232. Disponível em: <http://www.stab.org.br/congresso_nacional_stab/imagens/anais_congress_nacional_stab_2016.pdf>. Acesso em: 21 maio 2021.

TEJERA, N. A.; RÓDES, R.; ORTEGA, E.; CAMPOS, R.; LLUCH, C. Comparative analysis of physiological characteristics and yield components in sugarcane cultivares**. Field Crops Research**, v. 102, n. 1, p. 64-72, Apr. 2007. DOI: 10.1016/j.fcr.2007.02.002.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, n. 97, p. 1-16, mar. 2002. Encarte técnico.

XAVIER, M. A.; LANDELL, M. G. de A.; CAMPANA, M. P.; FIGUEIREDO, P.; MENDONÇA, J. R. de, DINAROD-MIRANDA, L. L.; SCARPARI, M. S.; GARCIA, J. C.; ANJOS, I. A. dos; AZANIA, C. A. M.; BRANCALIÃO, S. R.; KANTHACK, R. A. D.; AFERRI, G.; SILVA, D. N. da; BIPÓIA, M. A. P.; CAMPOS, M .F. de; PERRUCO, D.; MATSUO, R. S.; NEVES, J. C. T.; CASSANELI JUNIOR, J. R.; PERRUCO, L.; PETRI, R. H.; SILVA, T. N. da; SILVA, V. H. P. da; THOMAZINHO JUNIOR, J. R.; MIGUEL, P. E. M.; LORENZATO, C. M. **Fatores de desuniformidade e *kit* de pré-brotação IAC para sistema de multiplicação de cana-de-açúcar - Mudas Pré-Brotadas (MPB)**. Campinas: Instituto Agronômico, 2014. 22 p. (Documentos IAC, 113).