



ConBRepro

XII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



ESG nas Engenharias

30 a 02
de dezembro 2022

Planejamento Operacional Agrícola de Tratos Culturais em Cana Soca baseado em Lead time de Operações

Mateus Henrique da Silva Costa
UNESP Jaboticabal - SP
Prof. Dr. Jose de Souza Rodrigues
UNESP Bauru - SP

Resumo: O planejamento é a uma das atividades principais do processo gerencial. Na gestão das atividades agrícolas não é diferente. Entre os diversos desafios a serem enfrentados estão as variáveis não controláveis e de difícil previsão, como as condições climáticas e o gerenciamento das atividades em campo, pois o custo de mantê-las atualizadas em tempo real, geralmente leva à adoção de soluções assíncronas entre o sistema gerencial e as operações em campo. A programação, uma das fases do planejamento, tende, neste contexto, a depender fortemente da existência de dados e da confiabilidade deles durante a fase de análise de previsão. Porém, o lead time das operações agroindustriais, especialmente nos momentos assíncronos entre gestão e operação, tende a ser um fator importante na introdução de incertezas sobre os dados. Por outro lado, o fator tempo é determinante para o desempenho das atividades agrícolas. Antecipar ou retardar um processo pode culminar em perdas de produtividade no setor sucroalcooleiro, por exemplo. Assim sendo, este trabalho tem por objetivo fazer uma revisão da literatura do planejamento agrícola em tratos culturais em cana soca com vista ao lead time ideal de aplicação de algumas operações de tratos soqueira: herbicida, fertilizante, corretivo e vinhaça. Os levantamentos preliminares, que compõem este estudo, foram realizados numa usina sucroenergética no interior paulista e os dados coletados das safras 2021/22 à safra 2017/18.

Palavras-chave: Artigo, Cana de açúcar, Planejamento, Lead time

Agricultural Operational Planning of Crop Treatments in Soca Cane based on Operations Lead Time

Abstract: Planning is one of the main activities of the management process. In the management of agricultural activities it is no different. Among the many challenges to be faced are uncontrollable variables that are difficult to predict, such as weather conditions and the management of field activities, as the cost of keeping them updated in real time generally leads to the adoption of asynchronous solutions between the management system and field operations. Scheduling, one of the planning phases, tends, in this context, to depend heavily on the existence of data and their reliability during the forecast analysis phase. However, the lead time of agro-industrial operations, especially in the asynchronous moments between management and operation, tends to be an important factor in introducing uncertainties into the data. On the other hand, the time factor is crucial for the performance of agricultural activities. Anticipating or delaying a process can lead to productivity losses in the sugar and ethanol sector, for example. Therefore, this work aims to

review the literature on agricultural planning in ratoon cane crop treatments with a view to the ideal lead time for the application of some ratoon treatment operations: herbicide, fertilizer, corrective and vinasse. The preliminary surveys, which make up this study, were carried out in a sugar-energy plant in the interior of São Paulo and the data collected from the 2021/22 harvests to the 2017/18 harvests.

Keywords: Article, Sugarcane, Planning, Lead time

1. Introdução

A cana de açúcar, cultura semi-perene, é uma cultura muito importante para o agronegócio brasileiro. Segundo a CONAB (2020) a agroindústria opera numa conjuntura positiva e sustentável, diferente de outros países. As análises das tendências do agronegócio brasileiro sugerem crescimento de 1,8% para a próxima década. Isso equivale a passar de um consumo de açúcar de 10,8 milhões de toneladas mapeadas na safra 2016/17 para 13,8 milhões na safra 2029/30.

Além disso, no mercado interno, a produção da cana de açúcar proporcionou aumento do uso do álcool na gasolina, incentivou o aumento das frotas dos carros flex e, através dos subprodutos do processo produtivo (bagaço), tem sido uma singular fonte de energia. Conforme Bermann (2008), a produção do etanol apresenta importantes benefícios: ganhos ambientais, preservação do meio ambiente, redução de custos, sustentabilidade, substituição de combustíveis fósseis e impacto relevante nas fontes renováveis de obtenção de energia. Da mesma maneira Pacheco (2011) afirma que o etanol é uma alternativa não somente para as questões ambientais e energéticas, mas para a escassez e a alta de preço dos combustíveis fósseis.

Tendo em vista as projeções animadoras de futuro promissor para o setor, é evidente que a assertividade no manejo, a otimização das operações e a busca máxima de rentabilidade deve ser o ideal da gestão agrícola. Assim sendo, torna-se crucial um bom planejamento no curto, médio e longo prazo e uma das formas de se obter melhorias é melhorar a programação, tornando-a mais assertiva e aderente aos processos operacionais.

Este artigo está dividido em quatro seções. A primeira, contextualiza a importância da cana de açúcar e as projeções para o futuro próximo. A segunda busca contextualizar as facetas do planejamento focalizando o planejamento operacional. A terceira dá visão das operações agrícolas de tratos culturais em cana planta, soca e preparo. Além de fornecer dados e uma breve revisão bibliográfica do tempo característico da cana de açúcar desde a brotação à maturação, ponto importante quando for falar sobre lead time das operações. A terceira seção descreve rapidamente o problema que se pretende discutir, e aponta o objetivo de sua realização. E por fim, na quarta seção traz uma revisão teórica e os resultados desta averiguação.

Chiavenato (2000) mostra que o planejamento é dividido em três níveis dentro da uma empresa: institucional (estratégico), intermediário (tático) e operacional. Para Maximiano (2000) o processo de planejamento envolve análises e decisões. Já para Oliveira (2009), ao falar do planejamento tático, o planejamento é uma metodologia administrativa com a finalidade em utilizar eficientemente os recursos da empresa para execução dos objetivos previstos em determinada área de resultado.

Enquanto o planejamento estratégico está relacionado aos objetivos direcionadores da empresa, o tático define como estes objetivos serão alcançados por meio de ações estratégicas e políticas da unidade para os departamentos específicos. Já o planejamento operacional se preocupa em definir o que será feito, com que recursos, em que prazos,

onde e por quem será feito. Conforme Maximiano (2000) o domínio do planejamento está na definição das atividades e dos recursos para atingir os objetivos estratégicos.

O planejamento agrícola depende invariavelmente de premissas técnico agronômicas, informações climáticas, dimensionamento de estrutura de equipamentos, pessoas e áreas.

Dentre as premissas agronômicas, informações do solo, estágio da planta, tipo de planta, necessidade de nutricional do solo e da planta, pragas e daninhas são fundamentais para a tomada de decisão na operação, insumo e lead time operacional ideal que melhore a produtividade e a rentabilidade do canavial, no caso do setor sucroenergético.

Este trabalho dará foco ao planejamento operacional em trato de culturas. Mais especificamente no trato da cana soca.

Segundo Corbini (1993) trato de cultura refere-se ao conjunto de práticas agrícolas que visam preservar ou restaurar as propriedades físicas e químicas do solo; eliminar ou reduzir a ocorrência das plantas daninhas; conservar os sistemas de controle de erosão; controlar pragas ou doenças eventuais. Ainda conforme Corbini (1993), a soqueira representa em média setenta e cinco por cento da cana cortada e conseqüentemente da produção total.

Porém, os tratos de culturas ocorrem no preparo de solo, na cana planta e em cana soca. O preparo de solo, segundo Santiago e Rosseto (2007), inicia-se com a limpeza do campo, análise do solo para identificação das necessidades de nutrientes e posteriormente o nivelamento e ajustes do terreno com aração e gradagem.

A aração tem o objetivo de abrir os sulcos no terreno a fim de revolver a camada inferior do solo para reduzir a compactação, incorporar corretivos e fertilizantes, aumentar o espaço poroso e, com isso, elevar a permeabilidade e o armazenamento de ar e água (Camargo e Alleoni, 2006). Além das operações de revolvimento do solo, no preparo acontecem algumas operações importantes para o desenvolvimento da planta, como aplicação de herbicidas, corretivos de solo e fertilização que são operações que visam a melhoria de produtividade do canavial (Rosseto et al. 2004).

Após tais intervenções, o campo está em condições de receber o plantio. Ele pode ser um processo mecânico ou manual. Os dois sistemas de plantios têm similares índices de fixação e crescimento de mudas semelhantes. O que diferencia um do outro, além do envolvimento de maquinário, é a idade das mudas com indicações de mudas com nove e onze meses de desenvolvimento para o plantio mecânico e manual, respectivamente.

Vitti e Mazza (2002) recomenda um tamanho da muda menor que 40 cm e uma distribuição da cana de 12 a 16 gemas por metro quadrado, dependendo da variedade e época de plantio. Após o plantio, para garantir o crescimento saudável do canavial, alguns cuidados precisam ser tomados, dentre os já mencionados no preparo e plantio, visando otimizar a nutrição da planta.

Conforme Santiago e Rosseto (2007), utiliza-se defensivos agrícolas e adubação para manter as características físico-química da planta, minimizar (ou erradicar) fungos, bactérias e pragas em geral, inibir espécies vegetais concorrentes e conservar o solo das erosões. Dias (2010) sugere que adubação é usada com o objetivo de incrementar nutrientes para maximizar produtividade do canavial.

Conforme Clements apud Krutman (1966), a cana-de-açúcar possui pelo menos quatro estádios de desenvolvimento que vai do plantio a brotação das gemas, da brotação das gemas até o final do perfilhamento, do final do perfilhamento até o início da acumulação de açúcar até à maturação.

A brotação das gemas acontece entre três e cinco semanas após o plantio, dependendo da variedade da cana e época do plantio, tratos realizados com foco em pragas e doenças, clima e qualidade do plantio. Malavolta e Haag (1964) sugerem que os fatores climáticos são preponderantes no desenvolvimento da planta. A falta de recursos hídricos pode gerar a “mumificação” e, o excesso, a fermentação das gemas.

Após a brotação da gema, conforme descreveu Casagrande (1991), é necessário, em média, quatro meses para alcançar o limite de perfilhamento. Entende-se por perfilhamento o processo que resulta no crescimento de brotos que vão em direção à superfície do solo. Esses brotos aparecem de vinte a trinta dias após a emergência do colmo primário. Por meio desse processo, ocorre a formação da touceira da cana-de-açúcar e a população de colmos que será colhida.

O terceiro estágio de desenvolvimento segundo Clements (1966), é entre o perfilhamento inicial até a acumulação de açúcar. Os fatores climáticos nesta, como em outras fases, são cruciais. A quantidade de radiação solar está diretamente relacionada a capacidade de fotossíntese e crescimento da planta.

Neste quarto e último estágio de desenvolvimento, a cana-de-açúcar está prestes a completar seu ciclo, paralisa o crescimento e inicia a concentração de açúcares (frutose, glicose e sacarose), as folhas tornam-se amareladas e a planta ganha a coloração característica. Conforme Santos (1977), a planta cresce, o teor de açúcar aumenta paulatinamente no decorrer do processo até que os níveis de concentração de açúcar se estabilizem. Em canas plantadas em época seca, o estágio de maturação se dará em época úmida, por este motivo existe a necessidade de intervenção química no amadurecimento da planta.

Em todos estes estágios, os fatores de clima, o tipo de cultivar, o solo e a eficiência do manejo fazem total diferença para produtividade do canavial. Isso dura dezoito meses para cana planta e doze meses para cana soca. Assim, ao atingir o estágio de maturação esperado, a cana está em condições de colheita. Esta pode ser colhida “manual” – onde a cana sofre queima e posteriormente corte feito por facão por trabalhadores rurais, ou “mecanizada” – feito por máquinas agrícolas denominadas colhedoras.

Há quase duas décadas no Estado de São Paulo vigora a lei para redução e proibição das queimadas nos canaviais através da lei nº 11.241, de 19 de setembro de 2002, com objetivo de reduzir emissão de gases de efeito estufa.

Em média são entre 4 e 5 cortes ou mais dependendo do nível de produtividade da cultura. Após o primeiro corte, a cana é denominada cana soca e ressoca a cada colheita realizada (RUDORFF, 2010).

À medida que os cortes se sucedem, há uma queda natural do rendimento agrícola. Esta redução provoca a erradicação do canavial após o quarto ou quinto corte, demandando investimentos em novos plantios.

A longevidade e a produtividade são influenciadas por diversos fatores, dentre eles: cultivar, clima, praga e daninhas, fertilidade do solo, método de colheita e práticas de tratos culturais. Portanto, conforme Roberts (2009), o manejo adequado, no tempo adequado, na quantidade adequada e na necessidade que a planta necessita tende resultar em maior produtividade.

Roberts (2009), ao falar do fundamento das Boas Práticas para Uso Eficiente de Fertilizantes (BPUFs), sugere que aplicar a fonte certa, na dose certa, na época certa e no lugar certo (4 C) são as práticas necessárias para o manejo sustentável da nutrição das plantas e para o aumento da produtividade das culturas.

Assim, conforme salientou Bruulsema et al. (2012), considerando a mesma linha de (Roberts, 2009), estas práticas são utilizadas, principalmente, para assegurar o ótimo crescimento da planta, o que contribui para a rentabilidade da agricultura e a minimização dos efeitos adversos do ambiente.

Método de Pesquisa

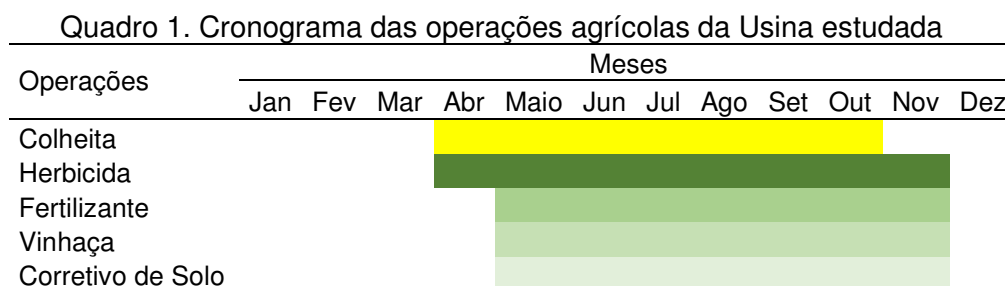
Este estudo é uma revisão da literatura. O estudo foi desenvolvido em uma usina sucroenergética localizada na mesorregião de São José do Rio Preto, São Paulo, Brasil. A coleta de dados foi realizada levando em consideração os tratos culturais em cana soca, como: herbicida; fertilizante; vinhaça; e corretivo de solo.

Conforme Alves-Mazzotti (2002), a revisão da literatura ou revisão bibliográfica, tem dois propósitos: a construção de uma contextualização para o problema e a análise das possibilidades presentes na literatura consultada para a concepção do referencial teórico da pesquisa.

Utilizou-se por base o Repositório Institucional da Unesp, o Boletim 100 (B-100) edição 2022 e o Repositório Capes como base de pesquisa de artigos, teses e dissertações sobre o tema. Pesquisando as palavras planejamento, cana de açúcar, lead time de aplicação. Assim, este trabalho é uma revisão bibliográfica visando construir um referencial para se propor um timing ideal das operações de trato de culturas.

O planejamento operacional de tratos culturais precisa focalizar os timings nutricionais da planta, o crescimento vegetativo, as oscilações climáticas e as inúmeras variáveis não gerenciáveis de caráter agrônômica de maneira a otimizar os recursos, dimensionar as estruturas de tal forma que atenda os custos da operação e a demanda agrônômica da matéria prima.

A colheita de cana de açúcar, período denominado de safra, acontece na janela de abril a novembro nas regiões centro-oeste e sul e de novembro a abril na região norte-nordeste. Os tratos culturais, por ser dependente da liberação de áreas da colheita, acontecem nesse mesmo período, conforme Quadro 1 do Cronograma das operações agrícolas da Usina estudada.



Fonte: Dados originais da pesquisa

Além do trato de cultura, é necessário avaliar o prazo médio destas ações, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1. “lead time” para operação de aplicação de defensivos e fertilizantes (corretivos; fertilizante; vinhaça localizada; e herbicida)

Operação	Metodologia	Dias após a colheita							
		Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro
Corretivos	“lead time”	27	27	30	30	30	27	27	27
Fertilizante	“lead time”	27	27	35	35	35	27	27	27
Vinhaça Localizada	“lead time”	25	25	25	25	25	25	25	25
Herbicida	“lead time”	15	15	20	20	20	15	15	15

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Ao fazer o planejamento operacional para dimensionar e direcionar as atividades e estruturas a aplicação herbicida é a primeira operação feita após a colheita.

Isto porque, conforme Procópio (2003), nas fases iniciais de crescimento, a cana-de-açúcar é afetada pelas plantas daninhas que utilizam os mesmos recursos por apresentarem rota metabólica equivalente de fixação de carbono (C4).

Carbonari (2007) disse que as plantas daninhas competem com a cultura por água, nutrientes e radiação solar, podendo também liberar substâncias com efeitos alelopáticos afetando direta ou indiretamente a germinação, crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas, além de atuar como hospedeira de pragas e doenças.

Azania (2004) disse que o controle das plantas daninhas representa 80% das perdas na produção. Carbonari (2007) ao falar da interferência da cultura em relação às daninhas mostrou pelo menos quatro fatores que determinam a intensidade desta interferência: 1 - fatores da própria cultura, como variedade, espaçamento e eficiência do plantio; 2 - fatores ligados à comunidade infestante; 3 - tempo e extensão de convivência entre as duas e; 4 - condições edafo-climáticas do local. Assim, conforme Hernandez (2001), quanto maior for o tempo de convivência múltipla maior será o grau de interferência.

Victoria Filho & Christoffoleti (2004) disseram que as condições climáticas determinam as espécies de plantas daninhas predominantes e o período de interferência com a cultura. Pelo menos três práticas de controle de daninhas podem ser praticados pelas empresas: mecânico, culturais e químico. Conforme Rossi (2004), em razão da extensão das áreas cultivadas, escassez de mão de obra, facilidade de aplicação, custo e eficácia de tratamento o controle químico é o mais utilizado.

Assim, conforme descreveu Clements apud Krutman (1966) que a brotação das gemas acontece entre três e cinco semanas a depender da disponibilidade hídrica e de luminosidade para a fotossíntese. Em épocas mais frias, de menor luminosidade nos meses de junho, julho e agosto, o crescimento vegetativo da planta é menor.

Considerando a competição entre a cultura e as plantas daninhas, a operação de herbicida deve ser realizada o mais próximo possível da colheita para aproveitar a janela de pré emergência da planta. A perda deste timing de aplicação pode acarretar perda de produtividade devido a possibilidade de aumento de infestação e aumento dos custos operacionais devido a necessidade de utilizar defensivos de custo elevado para pós emergência.

Após a aplicação de herbicida, pelo menos três operações concorrem entre si para aplicação: aplicação de fertilizante mineral, vinhaça e corretivo de solo.

A partir da amostragem de solo da safra atual ou da anterior, que mostrará as deficiências de nutrientes do solo, decide-se se será aplicado vinhaça ou fertilizante mineral.

Conforme o B-100 (2022) deve-se estabelecer um sistema de amostragem de solo e planta que contemplem similaridades das áreas amostradas como solo, manejo, cultivar, por exemplo, para identificar a reserva nutricional do solo e o aproveitamento dos nutrientes pela planta. A cana-de-açúcar extrai grandes quantidades de nutrientes e os cálculos de adubações consideram a necessidade de pelo menos repor os nutrientes removidos pela colheita em solos com teores baixos.

Um dos principais nutrientes é o potássio. Segundo Malavolta (2006) os solos brasileiros apresentam baixa concentração de potássio e a maioria está disponível de forma mineral. Segundo Orlando Filho (1996), a determinação dos teores de potássio acontece por faixas admitindo-se valores mínimos críticos, onde abaixo destas faixas o crescimento

vegetativo sofre demérito. Zambelo Junior (1981) disse que a adubação mineral representa 30% do custo de produção.

A compensação potássica, o custo de produção devido os insumos, raio médio de distância do local de aplicação para o local de carregamento da vinhaça, a dificuldade logística para transito das estruturas de caminhões ou tratores pesados, e a disponibilidade de resíduos orgânicos da indústria são fatores preponderantes de decisão no planejamento operacional agrícola de qual operação deve ser realizada: Se com adubação mineral, com estrutura apropriada de deposição utilizando doses com taxas variadas ou por vinhaça, seja com estrutura de vinhaça localizada, também com doses variadas.

Conforme Pancelli (2011), a aplicação de vinhaça substitui a adubação mineral e tem eficiência equivalente aos fertilizantes minerais a não ser que a dosagem não seja em excesso, pois pode culminar na salinização do solo. Segundo Paulino (2002), há maiores produções em função da aplicação de vinhaça com 300 a 450 m³ ha⁻¹.

É complexo avaliar com precisão o período ideal para aplicações, inclusive os autores do tema não ousam cravar timing e os trabalhos nesse sentido são gerais justamente devido as muitas variáveis incontroláveis do processo.

Porém, Silva (2010) ao avaliar a aplicação de potássio na soqueira de primeiro corte da variedade IAC SP 93-3046 observou incremento potássico aos quatro meses após a brotação e não obteve o mesmo resultado aos oito meses. Coelho & Verlengia (1973) já dizia que a exigência nutricional da planta se dá aos cinco meses após a brotação.

Porém, pelo menos duas questões devem ser levadas em consideração: capacidade operacional e disponibilidade industrial. Se a operação aguardar cinco meses para aplicar, conforme sugeriu os autores citados anteriormente, a operação não tem capacidade operacional, dependendo do tamanho das áreas das unidades, para realizar os tratos no timing. Além disso, os locais de armazenamento de vinhaça não suportarão estocagem do produto por tanto tempo.

Assim sendo, o "lead time" de aplicação está relacionado diretamente ao equilíbrio adequado entre oferta industrial dos resíduos orgânicos com o mínimo suficiente da necessidade da planta/solo. Na unidade estudada isso ocorre com vinte e cinco dias.

O MAPA (2006), que regulamenta a comercialização dos corretivos define corretivo de acidez como produto capazes de promover a correção da acidez do solo e de fornecer cálcio e magnésio para as plantas. Conforme B-100 (2022) os corretivos mais usados são de rochas calcárias moídas, composta principalmente por misturas dos minerais calcita, dolomita e magnesita. Outra fonte de corretivo, especialmente para cana-de-açúcar que tem despertado interesse, são os resíduos das indústrias siderúrgica, as escórias de alto forno. Porém, pelo menos por enquanto tem pouca comercialização.

Ao falar sobre a correção do solo, o B-100 (2022) mostra que o gesso é produto estratégico para a cultura da cana de açúcar pois além do impacto agrônômico, como fonte de enxofre e cálcio, assegura redução de custos de adubação da cultura. É ressaltado também pelo Boletim 100 que o gesso é um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados, usado para aumentar os teores de cálcio e reduzir a saturação de alumínio em subsolos ácidos e não tem ação direta sobre a acidez, como o calcário, por exemplo.

Assim a indicação do B-100 (2022) diz que o benefício máximo da calagem para corrigir a acidez do solo acontece quando a aplicação for realizada com máximo antecedência possível do plantio, de maneira incorporada, devido sua reação lenta de correção do calcário no solo. Não sendo possível, é preferível aplicar o mais próximo possível à

semeadura, do que deixar de fazer a operação de calagem. Após a incorporação profunda realizada em plantio é recomendado correções periódicas de acidez apenas sobre a superfície dos solos.

Os macronutrientes secundários, cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), são usualmente supridos às culturas via aplicação de corretivos, como calcário, e condicionadores de solo, como o gesso agrícola.

O B-100 (2022) sugere aplicação de calcário na cana soca, quando necessário, em área total, logo após o corte, sem necessidade de incorporação em áreas com palha, assim como a gessagem, conforme necessidade identificada na amostragem de solo para saturação por base do solo ou saturação de alumínio. Mesmo se não houver tais necessidades, o gesso deve ser aplicado como fonte de enxofre.

Por questões similaridade de aplicação, otimização logística e estruturais dos equipamentos, implementos e mão de obra, a operação de calagem e gessagem acontecem uma após a outra com taxa variada. Na unidade estudada acontece de 27 a 30 dias após a colheita pois depende da amostragem de solo após a colheita.

Conclusão

Definir uma proposta de “lead time” é uma tarefa complexa devido a inúmeras variáveis que há de contexto agrícola, principalmente as variáveis agrônômicas e climáticas. Porém, ao revisar a literatura foi identificado que o planejamento operacional agrícola envolve algumas etapas e considerações.

A aplicação de herbicida deve ser realizada o mais próximo possível da colheita para garantir o desenvolvimento da planta em pré emergência, na mato-competição com as daninhas;

Para os fertilizantes tipo mineral a literatura sugere por volta de cinco meses após a colheita, porém, na prática, devido a questões da estrutura este timing é de difícil aplicação nas empresas. Pois, partindo do pressuposto que a safra, período de colheita, acontece de abril a novembro na região centro-sul, a operação de adubação mineral teria apenas dois a três meses de atividade na safra nas áreas que foram colhidas nos meses de abril, maio e junho. Além disso, seguindo esta lógica, a estrutura dos equipamentos, não conseguiriam realizar a aplicação sem danificar a planta devido o porte. Um outro agravante é a possibilidade de ociosidade da operação do start da safra até o timing da aplicação conforme sugere a literatura. Ficaria inviável em termos de custos.

A adubação por vinhaça, por ser um insumo dependente da operação da industrial do etanol, precisa ser escoada a tempo para não encher as chamadas “caixas de vinhaça” por causa de excesso do produto. Assim, o planejamento operacional de tratamentos culturais é calibrado pela disponibilidade de vinhaça, necessidade potássica do solos e locais com raio médio próximos da usina. Esta operação, do ponto de vista financeiro, é mais vantajosa para a empresa, especialmente considerando a distância.

Sobre a operação de corretivo (calagem e gessagem) deve ocorrer o mais próximo possível após a colheita considerando idealmente a dose por taxa variada.

A principal limitação da pesquisa é a falta de estudos que relacione com clareza lead time das aplicações em cana soca. Obviamente esta dificuldade é compreensível devido às variáveis não gerenciáveis comentadas em vários momentos ao longo do trabalho.

Referências

ALVES-MAZZOTI, Alda Judith. 2002. **Método nas Ciências Naturais e Sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa**. São Paulo: Pioneira.

SÃO PAULO. Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo [ALESP]. 2002. Lei Nº. 11.241, de 19 de setembro de 2002. **Dispõe sobre eliminação gradativa da queima da palha da cana-de-açúcar.** Disponível em: <<https://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2002/lei-11241-19.09.2002.html>>. Acesso em: 15 out. 2022.

AZANIA, C.A.M. **Comparação de métodos para determinar a seletividade de herbicidas na cultura da cana-de-açúcar.** 2004, 116f. Tese (Doutorado em Agronomia / Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

BERMANN, C. 2008. **Energia no Brasil: Para quê? Para quem?** 2ed. Livraria da Física, São Paulo, SP, Brasil.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Agronegócio brasileiro: **desempenho do comércio exterior.** 2. ed. Brasília, DF: Mapa, 2006.

BRUULSEMA, T.W.; FIXEN, P.E.; SULEWSKI, G.D. 2012. **4R Manual de nutrição de plantas: um manual para melhorar o manejo da nutrição de plantas, versão norte-americana.** 1ed. Int. Plant Nutrition Inst., Norcross, GA, USA.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L.R.F. 2006. **Causas da Compactação do solo.** Disponível em: <<http://www.infobibos.com/Artigos/CompSolo/C3/Comp3.htm>>. Acesso em: 15 out. 2022.

CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas: Instituto Agrônomo de Campinas, 2022. (**IAC. Boletim Técnico, 100**).

CASAGRANDE, A.A. 1991. **Tópicos de morfologia e fisiologia da cana-de-açúcar.** 1ed. Funep, Jaboticabal, SP, Brasil.

CARBONARI, Caio Antonio. **Eficácia do herbicida amicarbazone em aplicação conjunta com a colheita de cana-de-açúcar no controle das principais plantas daninhas da cultura** – Botucatu : [s.n.], 2007. Dissertação (Mestrado) -Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu.

CHIAVENATO, I. **Administração: Teoria, processo e prática.** 3ª ed, São Paulo: Makron Books, 2000.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo.** 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1973. p. 35-44

CORBINI, J.L. **Operações Agrícolas em Tratos Culturais.** 1993. Disponível em: <https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5580965/mod_resource/content/1/Tratos%20culturais%20Corbini%20333-372.pdf>. Acesso em: 16 out. 2022.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento [CONAB]. 2013. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar.** Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-estimativa-de-evolucao-cana-de-acucar.html>>. Acesso em: 16 out. 2022.

Dias, K.G.L. 2010. **Gesso agrícola: efeitos no solo e no desenvolvimento e produtividade do cafeeiro**. Monografia - Tecnólogo em Cafeicultura. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, São Roque de Minas, MG, Brasil.

HERNANDEZ, D.D.; ALVES, P.L.C.A.; MARTINS, J.V.F. Influência do resíduo de colheita de cana-de-açúcar sem queima sobre a eficiência dos herbicidas imazapic e imazapic+pendimethalin. **Planta Daninha**, Viçosa, v.19, n.3, p.419-426, 2001

KRUTMAN, S.D. 1966. **O Grande período de variedades de cana**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, DF, Brasil.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P. 1964. **Fisiologia**. In: MALAVOLTA, E.; SEGALA, A.L.; GOMES, F.P. et al. **Cultivo e adubação da cana-de-açúcar**. 1ed. Instituto Brasileiro de Potassa, Campinas, SP, Brasil.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. p. 193-222.

MAXIMIANO, A.C.A. **Introdução à administração**. 5ª ed. rev. E ampl. São Paulo: Atlas, 2000

OLIVEIRA, D. P. R. **Planejamento Estratégico**. 26ª ed, São Paulo: Atlas, 2009.

ORLANDO FILHO, J.; ROSSETTO, R.; MURAOKA, T. Efeito residual da calagem (56 meses) sobre os valores de pH, cálcio e magnésio do solo. **STAB. Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil**, n. 4, v. 14, p. 19-21, 1996.

PACHECO, T.F. 2011. **Produção de etanol: primeira ou segunda geração**. CNAPAE, Brasília, DF, Brasil.

PANCELLI, M. A.; SILVA NETO, H. F. ; TASSO JUNIOR, L. C. ; MARQUES, M. O. ; MARTINS, A. L. B. ; MARCHI, M. Avaliação da fertilidade de um Latossolo Vermelho Escuro para três cultivares de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO: o Solo e a produção de bioenergia, perspectivas e desafios, **Anais...**, 32., 2009, Fortaleza. Resumos... p. 318.

PAULINO, A. F.; MEDINA, C. C.; ROBAINA, C. R. P.; LAURANI, R. A. **Produções agrícola e industrial de cana-de-açúcar submetida a doses de vinhaça**. Ciências Agrárias, Londrina, v. 23, n. 2, p. 145-150, 2002.

PROCÓPIO, S.O. et al. **Manejo de plantas daninhas na cultura da cana-de-açúcar**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2003. 150p.

ROBERTS, T.L. 2009. **The role of fertilizer in growing the world's food. Better Crops with Plant Food**. 2ed. Int. Plant Nutrition Inst. Norcross, GA, USA.

ROSSETO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. 2004. **Calagem para cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica**. 1ed. Campinas, SP Brasil.

ROSSI, C.V.S. **Dinâmica e eficácia no controle de plantas daninhas pelo herbicida metribuzin aplicado sobre palha de cana-de-açúcar**. 2004, 95p. Dissertação (Mestrado

em Agronomia / Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2004

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

SANTIAGO, A.D.; ROSSETO, R. 2007. **Cultivo mínimo**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_85_22122006154841.html>. Acesso em: 15 out. 2022.

SANTOS, D. 1977. **Ecofisiologia da cana-de-açúcar**. p. 107. In: Recomendações técnicas para cultura da cana-de-açúcar no estado do Paraná. Londrina, PR, Brasil.

SILVA, T. M. R. **Nutrição potássica na primeira soqueira de cana-de-açúcar cultivada em sistema de colheita sem despalha a fogo**. 2010. 58 f. Dissertação (Trabalho de graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2010.

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

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. 2002. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição de cana-de-açúcar**. 1ed. Potafos, Piracicaba, SP, Brasil.

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; HAAG, H. P.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação do sistema integrado de diagnose e recomendação (DRIS) em soqueiras de cana-de-açúcar para diferentes épocas de amostragem foliar. Boletim Técnico PLANALSUCAR, Rio de Janeiro, v. 3, n. 10, p. 5-32, 1981.