

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS - UFAL
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

JOSÉ FRANCISCO BUARQUE DOS SANTOS

**PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADA COM
DIFERENTES DOSES DE PÓ-DE-ROCHA APLICADAS NO SULCO DE
PLANTIO**

RIO LARGO/AL

2024

JOSÉ FRANCISCO BUARQUE DOS SANTOS

**PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADA COM
DIFERENTES DOSES DE PÓ-DE-ROCHA APLICADAS NO SULCO DE
PLANTIO**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao corpo docente do Curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal de Alagoas - UFAL, *Campus* Rio Largo, como requisito parcial para obtenção do grau de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Drº. José Roberto Santos.

Coorientador: Prof. Drº Cícero Alexandre Silva.

**RIO LARGO/AL
2024**

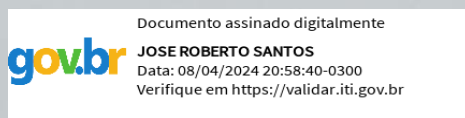
FOLHA DE APROVAÇÃO

AUTOR: José Francisco Buarque dos Santos

Apresentado em: 05/04/2024

PRODUÇÃO AGRÍCOLA DE CANA-DE-AÇÚCAR TRATADA COM DIFERENTES DOSES DE PÓ-DE-ROCHA APLICADAS NO SULCO DE PLANTIO.

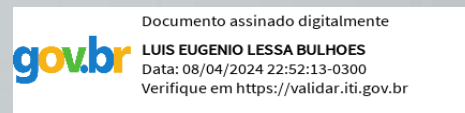
Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao *Campus* de Engenharia e Ciências Agrárias
como parte dos requisitos para obtenção do
título de Engenheiro Agrônomo.



Prof. Dr^o. José Roberto Santos
Orientador

Prof. Dr^o Cícero Alexandre Silva
Co-orientador

Banca examinadora:



(Examinadora interna)

(Examinadora interna)

Catálogo na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana - CRB4 - 1512

S237p Santos, José Francisco Buarque dos.

Produção agrícola de cana-de-açúcar tratada com diferentes doses de pó-de-rocha aplicadas no sulco de plantio. / José Francisco Buarque dos Santos. – 2024.

31f.: il.

Orientador(a): José Roberto Santos.
Coorientador: Cícero Alexandre Silva.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia) – Graduação em Agronomia, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2024.

Inclui bibliografia

1. Cultivo. 2. Cana-de-açúcar. 3. Remineralizador. I. Título.

CDU: 633.61

DEDICATÓRIA

Aos meus Pais: José Afrânio Oliveira dos Santos e Jasete Buarque dos Santos, que são meus exemplos de vida. À Morgana Cabral Almeida, minha esposa e às minhas filhas Maria Stela Cabral Almeida Buarque e Maria Cecília Cabral Almeida Buarque que são incentivadores para minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por conceder-me a oportunidade de graduar-me em Agronomia, pois dele provém toda sabedoria e inteligência, “Porque dele e por Ele, e para Ele, são todas as coisas” (Romanos 11.36a).

À Universidade Federal de Alagoas (UFAL) em conjunto com o Centro de Ciências Agrárias (CECA), por produzir conhecimento, gerar pensamento crítico, organizando e articulando os saberes, formando cidadãos, profissionais e lideranças intelectuais. À Coordenação do Curso de Agronomia e a todos os docentes que contribuíram para meu aprendizado ao longo do curso, pela paciência, orientação e aprendizado que será fundamental para a minha vida profissional.

A minha querida esposa Morgana Cabral Almeida, pelo amor, incentivo e apoio em todas as horas. As minhas filhas Maria Stela Cabral Almeida Buarque e Maria Cecília Cabral Almeida Buarque, por transparecer carinho, cuidado, zelo e amor à família.

A meu pai José Afrânio Oliveira dos Santos, por ser exemplo na vida profissional e a minha mãe Jasete Buarque dos Santos, pelo carinho, afeto e dedicação em todos os momentos. A todos familiares e amigos que contribuíram para meu crescimento.

Ao professor Dr^o. José Roberto Santos, pela oportunidade, confiança, orientação, incentivos, paciência, pelo apoio durante a graduação, ensinamentos que foram fundamentais para minha formação. Serei sempre grato.

A todos os companheiros que fazem ou fizeram parte do Laboratório de Produtos Agroecológico pela amizade, Thales Ferreira, Tiago da Paz, Wibson Ferreira, Arthur Felipe pela ajuda mútua e ensinamentos durante todo esse período. Em especial ao Prof. Dr^o Cícero Alexandre Silva sem você não teria chego até aqui, sou grato por todo o carinho e amizade que você permitiu conquistar;

Aos meus colegas de turma, especialmente Jaelcio Paulino, Jeferson Azevedo, Carlos Barreto, Gilberlan Costa, Pedro Carvalho, Nathanyel Ewerton por toda ajuda, companheirismo e paciência, e por terem tornado essa caminhada menos árdua.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Obrigado!

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Cana-de-açúcar	16
Figura 2 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil e sua distribuição nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul, nas safras de 2000/2001 até 2005/2006	18
Figura 3 - <i>Saccharum spp</i>	19
Figura 4 - (A) Disposição das folhas, localização do nó e do entrenó no colmo e (B) detalhes das estruturas contidas no nó.....	20
Figura 5 - Estágios fenológicos da cana-de-açúcar.....	21
Figura 6 – Manejo da Cana-de-açúcar.....	25
Figura 7 – Pó-de-rocha	32
Figura 8 – Manejo do solo para cultivo da cana-de-açúcar	32
Figura 9 - Produtividade (ATR/ha) de cana-de-açúcar em função dos tratamentos.....	33
Figura 10 – Manejo do plantio da cana-de-açúcar para iniciar a rochagem	35
Figura 11 – Rochagem	35
Figura 12 - Teores de silício "disponível" (A) e teores de C orgânicos (B) de solo submetido à aplicação de doses crescentes de diferentes compostos orgânicos	38
Figura 13 - Produção de açúcar no Brasil e sua distribuição nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul, no período de 2000/2001 até 2005/2006.....	39
Figura 14 - Produção de álcool no Brasil e sua distribuição nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul, no período de 2000/2001 até 2005/2006.....	40
Figura 15 - Comparativo e estimativa da moagem de cana-de-açúcar em 9 safras	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição química em porcentagem dos elementos presentes no micaxisto	33
Tabela 2 - Análise do solo	45
Tabela 3 - Custo orçamentário de implantação do trabalho	47
Tabela 4 - Produção agrícola (t/ha) dos diferentes tratamentos de pó-de-pedra na cultura da cana-de-açúcar	48
Tabela 5 - Análise de variância aplicada aos tratamentos de pó-de-pedra na cultura da cana-planta	48
Tabela 6 - Interação entre os tratamentos sobre as causas da variação A.vs.B.vs.C.vs.D.vs.E .	49
Tabela 7 - Interação entre os tratamentos sobre as causas da variação B.vs.C.vs.D.vs.E	50
Tabela 8 - Interação entre os tratamentos sobre as causas da variação C.vs.D.vs.E	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 Objetivo Geral	14
2.1.2 Objetivos Específicos	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1 A CULTURA DA CANA- DE- AÇÚCAR	16
3.2 CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	18
3.2.1 Morfologia e fenologia da cana-de-açúcar	19
3.2.2 Disponibilidade de nutrientes no solo	21
3.2.3 Matéria orgânica do solo	22
3.2.4 Nutrição e adubação da cana-de-açúcar	22
3.2.4.1 Acúmulo de nutrientes na cana-de-açúcar	25
3.2.4.2 Condições edafoclimáticas favoráveis ao plantio da cana-de-açúcar	26
3.2.5 Cultivares de cana-de-açúcar.....	26
3.2.5.1 Variedade RB867515.....	27
3.3 MANEJO DO AMBIENTE DE PRODUÇÃO E CONDUÇÃO DO CANAVIAL	27
3.3.1 A prática da calagem e gessagem.....	28
3.3.2 Adubação química e orgânica da cana-de-açúcar.....	29
3.3.3 Adubação fosfatada na cana-de-açúcar.....	30
3.3.4 Uso de pó-de-rocha aplicadas no sulco de plantio	31
3.3.4.1 Rochagem.....	33
3.3.4.2 Rocha basáltica com biossolubilizadores de fósforo	36
3.3.5 Solo tratado com compostos orgânicos ricos em silício.....	37
4 O AGRONEGÓCIO SUCROALCOOLEIRO E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL	39
4.1 Subprodutos da indústria sucroalcooleira.....	42
4.2 PANORAMA ATUAL DA CANA-DE-AÇÚCAR	43
5 MATERIAIS E MÉTODOS	44
6 RESULTADOS E DISCUSSÕES	48
6.1 CANA PLANTA	48
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	50
REFERÊNCIAS	52

RESUMO

Este trabalho aborda sobre a produção agrícola de cana-de-açúcar tratada com diferentes doses de pó-de-rocha através da rochagem e rocha basáltica com biossolubilizadores de fósforo aplicadas no sulco de plantio, na qual o estudo foi dividido tópicos principais com subdivisões, sendo abordado de forma clara e objetiva para que facilite a compreensão do exposto. A metodologia utilizada para a realização foi construída com base em pesquisa bibliográfica, envolvendo a leitura, fichamento e análise crítica de material bibliográfico bem como diversos dados estatísticos disponíveis na internet, além de um estudo doutrinário, bem como de coletas e análise de material, assim, teve como objetivo específico à aplicação de diferentes doses de pó-de-rocha grosseira, proveniente de uma unidade produtora de brita, no beneficiamento da fertilidade do solo de uma área com cana-de-açúcar. A população mundial cresce em um ritmo exponencial, também cresce da mesma forma a demanda por alimentos, aparelhos eletrônicos, materiais essenciais, dentre outros, que as pessoas precisam para sua comodidade. Sendo assim, sabe-se que o setor sucroalcooleiro e alimentício tende a crescer junto com os problemas, necessitando que a produtividade aumente e acompanhe a demanda vinda dos consumidores. Os resultados de produção dos respectivos cultivos e tratamentos permitem afirmar que o pó de rocha tem efeito como fonte de nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar, assim, o pó de rocha pode ser considerado um condicionador de solo uma vez que pode potencializar o efeito da fonte convencional de nutriente. Com isso, a produção da cana demonstra que o pó de rocha tem efeito residual considerável sobre o cultivo da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: Cultivo; Cana-de-açúcar; Remineralizador.

ABSTRACT

This work deals with the agricultural production of sugar cane treated with different doses of rock powder through rock and basalt rock with phosphorus biosolubilizers applied in the planting furrow, in which the study was divided into main topics with subdivisions, being addressed in a clear and objective way to facilitate understanding of the above. The methodology used to carry it out was built based on bibliographic research, involving reading, recording and critical analysis of bibliographic material as well as various statistical data available on the internet, in addition to a doctrinal study, as well as collection and analysis of material, as well, had the specific objective of applying different doses of coarse rock powder, coming from a crushed Stone production unit, to improve soil fertility in an area with sugar cane. The world's population grows at an exponential rate, and the demand for food, electronic devices, essential materials, among others, that people need for their comfort, also grows in the same way. Therefore, it is known that the sugar and alcohol and food sectors tend to grow along with the problems, requiring productivity to increase and keep up with consumer demand. The production results of the respective crops and treatments allow us to state that rock dust has an effect as a source of nutrients for sugarcane cultivation, thus, rock dust can be considered a soil conditioner as it can enhance the effect of the conventional nutrient source. Thus, sugarcane production demonstrates that rock dust has a considerable residual effect on sugarcane cultivation.

Keywords: Cultivation; Sugar cane; Remineralizer.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda sobre a produção agrícola de cana-de-açúcar tratada com diferentes doses de pó-de-rocha aplicadas no sulco de plantio, na qual o estudo foi dividido tópicos principais com subdivisões, sendo abordado de forma clara e objetiva para que facilite a compreensão do exposto. A metodologia utilizada para a realização foi construída com base em pesquisa bibliográfica, envolvendo a leitura, fichamento e análise crítica de material bibliográfico bem como diversos dados estatísticos disponíveis na internet, além de um estudo doutrinário, bem como de coletas e análise de material.

A população mundial cresce em um ritmo exponencial, também cresce da mesma forma a demanda por alimentos, aparelhos eletrônicos, materiais essenciais, dentre outros, que as pessoas precisam para sua comodidade. Sendo assim, sabe-se que o setor sucroalcooleiro e alimentício tende a crescer junto com os problemas, necessitando que a produtividade aumente e acompanhe a demanda vinda dos consumidores.

O açúcar é uma das comodites que ocupa uma posição de destaque nas exportações do agronegócio brasileiro, porém, verifica-se a necessidade crescente da indústria açucareira brasileira no desenvolvimento ou aperfeiçoamento de processos que levem a obtenção de produtos com melhor qualidade, tornando-os competitivos, de forma a satisfazer as exigências dos mercados interno e externo (Castro, 2011).

Um eficiente processo de fabricação e um acompanhamento regular da qualidade dos produtos ajudam a se obter açúcar de qualidade com boa recuperação; para isso, a usina deve adquirir e ter elementos fundamentais, tais como: matéria-prima de boa qualidade, um sistema eficiente de tratamento de caldo, semente de boa qualidade e bom sistema de cristalização. Guardando as devidas especificações de fabricação, as mesmas recomendações são aplicadas para a fabricação do etanol (Castro, 2011).

No Brasil são produzidos alguns tipos básicos de açúcar tais como o demerara, o VHP, o cristal e o refinado, sendo que são poucas as diferenças de fabricação de um tipo de açúcar para o outro, como por exemplo, a etapa de clarificação que é um pouco diferente para o açúcar VHP e o açúcar cristal quando não se dispõe de refinaria. Basicamente, as várias fases de fabricação do açúcar de cana, nas diversas regiões em que se cultiva essa gramínea, são as mesmas. As diferenças encontradas dizem respeito apenas à forma de condução do processo de fabricação, tendo em vista a elaboração deste ou daquele tipo de açúcar (Castro, 2011).

Vale ressaltar que a cana-de-açúcar é empregada em outros setores além da

produção do etanol e do açúcar, é muito importante para a alimentação de animais, pois apresenta um custo inferior quando se compara com outras formas de alimentação, consegue conservar os nutrientes por um longo período após a colheita, é mais flexível quanto às épocas de plantio, dentre outros fatores que tornam a cana-de-açúcar uma planta essencial para o funcionamento de alguns setores industriais (Oliveira et al., 2007).

Dessa forma, esse setor é um dos responsáveis pela movimentação da economia nacional e, por isso, exige muitos cuidados. Oliveira et al (2007) afirmam que a adubação do solo com fertilizantes é essencial no plantio e depois da colheita, pois a cana-de-açúcar demanda controle no fornecimento contínuo de nutrientes que na sua ausência podem afetar a produtividade da planta.

O solo brasileiro apresenta caráter ácido em boa parte de suas áreas agrícolas, além de possuir baixa quantidade de fósforo, Ca, K e alto teor de Al. Infelizmente, este solo não é o ideal para o plantio de cana-de-açúcar, logo, torna-se necessário a adição de adubos e corretivos para um melhor desempenho da produção, uma vez que a planta demanda macros e micronutrientes para alcançar uma produção satisfatória.

De acordo com (Oliveira et al., 2007) a média nacional de produtividade dos canaviais está situada em torno de 70 toneladas de matéria natural por hectare. 80% da média de produção dos canaviais correspondem à massa de interesse, os outros 20% envolvem folhas secas, ponteiros, colmos industrializáveis, materiais indesejados etc. No entanto, quando se realiza a adubagem correta com a variedade ideal a média de produção de cana-de-açúcar aumenta para 90 ton/ha. Quando a adubagem está atrelada a uma irrigação complementar, a produtividade cresce para 120 ton/ha.

A adubação do solo de plantio de cana-de-açúcar eleva a produtividade das áreas, no entanto, essa atividade deve ser realizada por um profissional qualificado que tem vasto conhecimento sobre o campo em que se está trabalhando em relação a sua composição, topográfica, histórico da área, adubações anteriores, tipo de solo, entre outros fatores. Sem esse levantamento e estudo prévio, caso seja aplicado a adubação de forma incorreta as plantas podem crescer deficientes em nutrientes, apresentar defeitos e diminuir rigorosamente a colheita da safra.

Sendo assim, este trabalho tem como objetivo estudar, analisar e avaliar o desempenho da cultura da cana-de-açúcar em diferentes doses de pó-de-rocha que foram testados na Fazenda Pau Amarelos no município de Rio Largo no estado de Alagoas. Ao todo foram selecionados quatro doses de pó-de-rocha aplicadas no fundo do sulco, juntamente com a dose padrão de cloreto de potássio (120 kg/ha) sobre os rebolos de cana.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Estudar o efeito de diferentes doses de pó-de-rocha grosseira, proveniente de uma unidade produtora de brita, no beneficiamento da fertilidade do solo de uma área com cana-de-açúcar.

2.1.2 Objetivos Específicos

- Estudar a aplicação pó-de-rocha grosseira (resíduo destinado à construção de estradas), em altas doses no sulco de plantio de cana-de-açúcar;
- Estudar/conhecer os efeitos de diferentes doses de pó-de-rocha com 200 kg/ha de Cloreto de Potássio no sulco de cana-de-açúcar;
- Estudar/desenvolver os efeitos de diferentes doses pó-de-rocha com 15 t/ha de torta de filtro e colocar no sulco de plantio de cana-de-açúcar.

3 REVISÃO DE LITERATURA

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) é uma planta de ciclo perene, pertencente à família Gramineae (Poaceae), própria de climas tropicais e subtropicais, e provavelmente tenha sido originária do sudeste da Ásia (Andrade et al., 2003).

A cana-de-açúcar chegou ao Brasil no início do século XVI, procedente da ilha da Madeira e introduzida por Martin Afonso de Souza na primeira expedição colonizadora do Brasil, sendo, portanto, uma das primeiras atividades de importância econômica do País. A introdução se deu inicialmente na capitania de São Vicente em 1532, atual Estado de São Paulo, e foi trazida na mesma época para capitania de Pernambuco por Duarte Coelho Pereira, onde se desenvolveu principalmente nos Estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas (Rosa et al., 2005).

A espécie *Sacharum* spp, é amplamente cultivada constituindo-se a espécie-base dos programas de melhoramento, para a qual se faz recorrência, com o objetivo de obter características agronômicas desejáveis, tais como, colmo com alto teor de sacarose, boa pureza de caldo e teor de fibra adequado para moagem (Matsuoka et al., 1999; Castro, 2001).

O processo produtivo da cana-de-açúcar visa três objetivos: alta produção de fitomassa por unidade de área, riqueza em açúcar dos colmos industrializáveis e manutenção ao longo do tempo da produtividade e qualidade da matéria-prima obtida no sistema produtivo (Bolsanello et al., 1993). Para tanto, a máxima produtividade fundamenta-se na perfeita integração dos fatores genéticos da planta, nas condições de

clima e solo do local considerado e no manejo antrópico (Matsuoka et al., 1999).

A cana-de-açúcar encontra suas melhores condições quando ocorre um período quente e úmido, com intensa radiação solar durante a fase de crescimento, seguida de um período seco durante as fases de maturação e colheita. No Brasil, em função da sua extensão territorial, existem as mais variadas condições climáticas e, possivelmente, é o único país com duas épocas de colheita anuais (Daniels; Roach, 1987). A cultura compõe o mais antigo setor agroindustrial do País, e traz inúmeros benefícios para o Brasil, por gerar açúcar e álcool para o mercado interno e externo. Colabora ainda na alimentação animal, na produção de papel, plásticos, produtos químicos, e bebidas como cachaça, rum e vodka, além de fornecer energia elétrica pela queima do bagaço.

Na safra 2009/2010, a cana-de-açúcar cultivada no Brasil, maior produtor mundial, teve expressiva participação no mercado mundial com produção de 612 milhões de toneladas em 7,5 milhões de hectares e produtividade média de 58 t ha⁻¹. No Nordeste foram produzidas 62 milhões de toneladas em 1,1 milhões de hectares; suplantado apenas pelo Sudeste. Pernambuco apresenta mais de 321 mil hectares plantados e na safra 2009/2010 a produção de cana-de-açúcar no Estado foi de mais de 18 milhões de toneladas, ocupando o sétimo lugar no ranking. Da cana-de-açúcar aproveita-se absolutamente tudo: bagaço, méis, torta e resíduos de colheita (UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO, 2006).

A costa terrestre ou litosfera e hidrosfera está envolvidas pela atmosfera, formando as camadas que abrigam a biosfera, como pioneira na sequência da formação da terra, foi originária do resfriamento do magma, que originou inicialmente as rochas denominadas ígneas, vindo em seguida às rochas magmáticas e sedimentares.

Com o passar do tempo, essas rochas foram sofrendo o processo de intemperização, mediante a influência dos fatores ligados a esse processo, como clima e relevo, para poder dar origem aos solos que hoje são responsáveis pela vida na terra, ao lado dos fatores como luz, água e atmosfera.

Procurando uma maneira para melhorar a fertilidade dos solos, o homem resolveu abreviar o processo de intemperização natural, utilizando uma prática residual proveniente da produção de brita destinada à construção civil, oriundo do esmagamento de rochas, é uma prática para obtenção de partículas cada vez menores, até chegar ao estágio de pó, com uma granulometria cada vez menor, chegando a se aproximar do tamanho da argila do solo, denominando este processo de formação do pó-de-rocha, para ser utilizado na recuperação dos solos agrícolas, mediante a denominação de remineralizador dos solos.

Uma série de benefícios proporcionados pelo pó-de-rocha para o solo, podemos

citar: aumenta a atividade biológica e também a CTC, mediante a melhoria na fertilidade, neutraliza o alumínio e libera substancial quantidade de fósforo e garantia de efeito residual prolongado. Como benefício para a planta permite o equilíbrio e melhoria no nível nutricional, oferecendo maior resistência suportada pelo estresse hídrico (em função do aprofundamento do sistema radicular), ao ataque de pragas (tecido mais rígido pela absorção do silício) e doenças, além de evitar o acamamento, motivado pela firmeza e flexibilidade ao caule da planta pela absorção do silício presente em abundância no pó-de-pedra.

Razão porque é de suma importância dar atenção a esta nova atividade agrícola destinada a melhora dos solos, sobretudo, aqueles que vêm sendo explorados a bastante tempo e que se encontram em processo de degradação (Oliveira et al., 2018).

3.1 A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma planta alógama, da família Graminae, da tribo Andropogoneae e do gênero *Saccharum*, do qual se destacam as espécies *S. robustum* e *S. Officinarum* (Daniels; Roach, 1987). É uma planta grande, perene, rizoma e formadora de touceiras, cujas formas cultivadas produzem caules suculentos e doces com vários metros de altura devido ao armazenamento de sacarose como pode-se verificar na imagem abaixo (figura 1) (Matsuoka et al., 1999).

Figura 1 – Cana-de-açúcar



Fonte: Autor, 2023

A época de aparecimento da cana-de-açúcar não pode ser definida com precisão e seu local de nascimento geográfico não pode ser determinado ao certo, o que se deve principalmente à abundância de gramíneas híbridas existentes e à falta de documentação a respeito. Alguns pesquisadores admitem que a cana-de-açúcar apareceu pela primeira vez na Polinésia, outros sugerem a Nova Guiné como o primeiro local e registro. Para esses

cientistas, o primeiro aparecimento da cana-de-açúcar no mundo aconteceu há 6 mil anos. Durante os 2.000 anos seguintes, já havia vestígios na Indonésia, nas Filipinas e no Norte da África (Única, 2006).

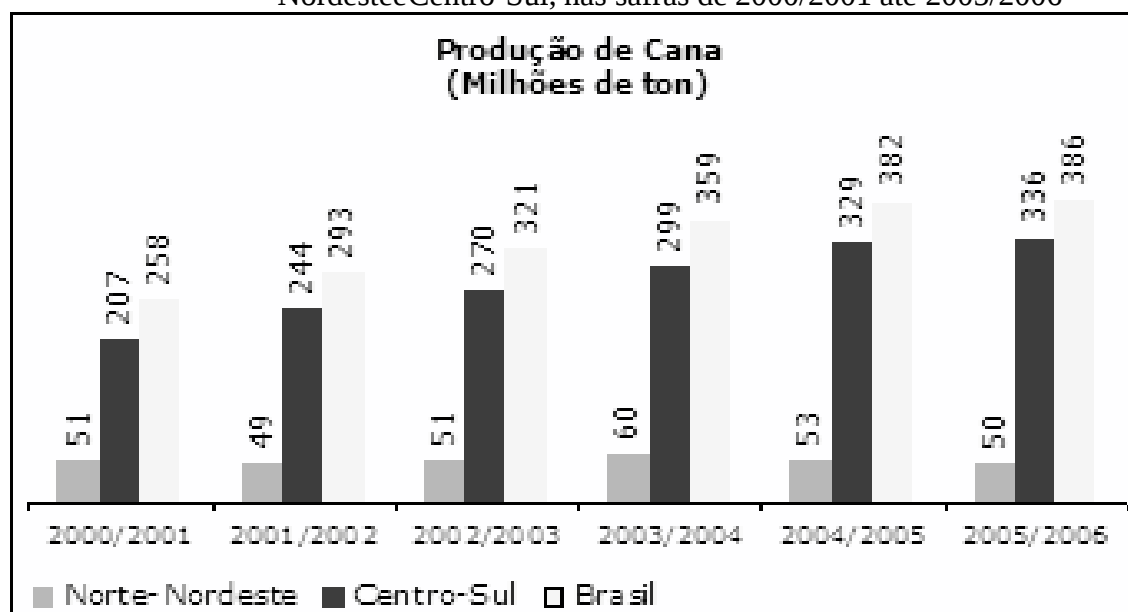
Os portugueses plantaram cana-de-açúcar nas ilhas de Cabo Verde, Açores e Madeira, mas em pequenas quantidades, apenas o suficiente para pagar dívidas à Inglaterra, por exemplo. Com a conquista do Brasil, a cana-de-açúcar foi trazida para a América em 1532. As primeiras mudas foram transportadas na carga dos marinheiros que acompanhavam a expedição de Martim Afonso de Souza. A primeira referência ao cultivo da cana-de-açúcar em nossa região data de 1519. Porém, a indústria canavieira em nosso país só começou a ser estudada em 1535, em Pernambuco. Naquela época houve um verdadeiro impulsionamento açucareiro, quando a mera construção de uma nova fábrica deu lugar a novos assentamentos. O avanço da cana-de-açúcar levou à descoberta de novas terras, o que acelerou a expansão da colonização brasileira. No final do século 16, o Brasil se tornou o maior produtor e fornecedor de açúcar do mundo. A produção de açúcar foi certamente o primeiro empreendimento econômico organizado em terras brasileiras. Outras atividades surgiram, mas a indústria açucareira permaneceu pioneira por mais de um século (Matsuoka et al., 1999).

De acordo com Pinto (2002):

Atualmente, a cana-de-açúcar é cultivada em diversas regiões do planeta de clima tropical, num total de 19,5 milhões de hectares, sendo 8,6 milhões de hectares na Ásia, 6,1 milhões de hectares na América do Sul, 2,9 milhões de hectares na América Central e do Norte, 1,4 milhões de hectares na África e 0,5 milhões de hectares na Oceânia. Os maiores produtores de cana-de-açúcar do mundo são o Brasil, com 5 milhões de hectares plantados, e a Índia, com 3,7 milhões de hectares.

É cultivada no Brasil nas regiões Centro-Sul e Norte-Nordeste, o que permite dois períodos de colheita diferentes, o que é uma grande vantagem competitiva para o país. A região Norte-Nordeste colhe de novembro a abril, enquanto a região Centro-Sul colhe de maio a outubro. Portanto, o país não só possui uma diversidade geográfica interessante, mas também um melhor equilíbrio agrícola (Nunes Junior et al., 1999; Cosan, 2006). A figura 2 mostra a produção de cana-de-açúcar no Brasil e a distribuição da produção nacional entre as regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul em 2000/2001 até 2005/2006.

Figura 2 - Produção de cana-de-açúcar no Brasil e sua distribuição nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul, nas safras de 2000/2001 até 2005/2006



Fonte: Cosan, 2006

A produtividade agrícola aumentou significativamente nos últimos anos. Na região Centro-Sul, que responde por cerca de 85% da produção brasileira, a média oscila entre 78 e 80 toneladas por hectare em ciclo de cinco cortes. São Paulo, responsável por aproximadamente 60% da produção nacional, atinge em média 80-85 toneladas por hectare mesmo durante cinco ciclos de cortes (Única, 2006).

A qualidade da matéria-prima medida pelo teor de sacarose na região Centro-Sul e na fábrica de São Paulo é de 14-15,5% POL, o que corresponde a um rendimento médio total de 140-145 kg de açúcares totais por tonelada de cana. Expresso em álcool, daria 80 e 85 litros de álcool por tonelada de cana (Única, 2006). Independentemente da matéria-prima (cana-de-açúcar, beterraba, milho etc.) de onde são extraídos o açúcar e o álcool, o setor sucroalcooleiro brasileiro é um dos mais competitivos do mundo. Essa competitividade também se deve ao alto teor de fibras da cana-de-açúcar, que lhe confere independência de energia externa. A cana-de-açúcar oferece claras vantagens competitivas em termos de energia em comparação com outras culturas (Nunes Junior et al., 1999).

3.2 CULTIVO DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma cultura que produz de cinco a seis mudas para corte a cada plantio, sendo a primeira safra proveniente do plantio de mudas, chamada de cana-de-açúcar, e as demais culturas provenientes da rebrota da cana-de-açúcar, hoje chamada de cana soca ou soqueira. Na determinação da nutrição e adubação adequadas para o cultivo da cana-de-açúcar, deve-se primeiramente considerar as necessidades nutricionais desta planta e a disponibilidade de nutrientes e matéria orgânica no solo (Cosan, 2006).

3.2.1 Morfologia e fenologia da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma grande planta herbácea perene cultivada em regiões tropicais e subtropicais do mundo, e também é uma das culturas mais eficientes na conversão da energia solar em energia química e prospera melhor no calor (Wen et al., 2016). As variedades atuais são híbridos interespecíficos. É uma planta C4 com alta capacidade fotossintética que necessita de menor concentração de dióxido de carbono para metabolismo (Buso, 2013) como pode-se verificar na imagem abaixo (figura 3).

Figura 3 - *Saccharum spp*



Fonte: Autor, 2023

A cana-de-açúcar se desenvolve em touceiras, sendo sua parte aérea constituída por caules, folhas e inflorescências (panículas), e a parte subterrânea constituída por raízes e rizomas contendo abundantes reservas alimentares. As raízes são emaranhadas e podem atingir profundidade de até 4 metros, há nós e entrenós nos cantos, botões de plantas e anéis de crescimento estão localizados nos nós (Vilar, 2021a). A cultivar se espalha vegetativamente pelos próprios rebentos, com gemas laterais capazes de formar novas plantas com nós bem- marcados e entrenós distintos. O caule também é responsável pela sustentação das folhas e da flor. As folhas da cana-de-açúcar são consideradas perfeitas por possuírem lâmina, cálice e colar. Eles são ordenados pelo sistema numérico desenvolvido (figura 4) por Kuijper (Van Dillewijn, 1952), visando auxiliar nos estudos de crescimento e de nutrição da planta (Marafon, 2012).

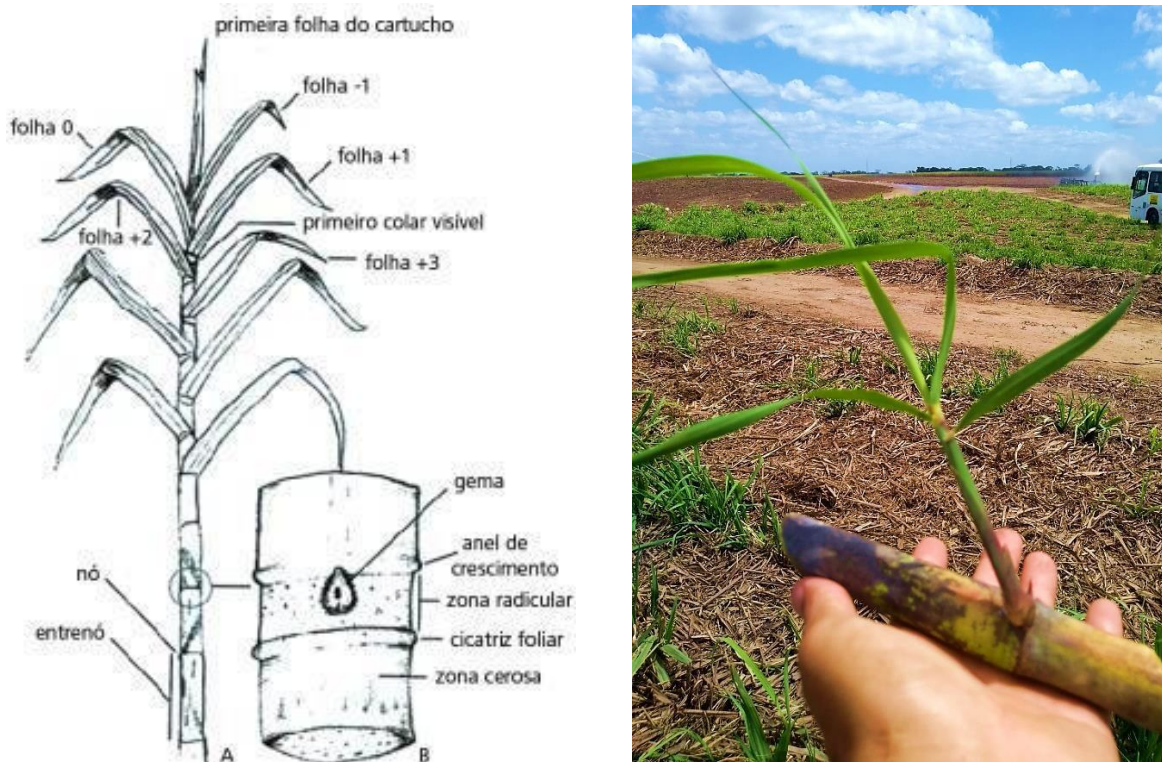
Como o plantio da cana-de-açúcar é feito por propagação vegetativa de seus colmos, observa-se que esse ciclo pode durar de 12 a 18 meses e é denominado ciclo da

planta da cana- de-açúcar, processo que se inicia após o plantio e onde a germinação e as plantas da cana-de- açúcar ocorrem ininterruptamente até a planta, por último é o desenvolvimento vegetativo até o estágio e logo após o crescimento cessa e a planta começa a se concentrar no caule do açúcar, o que é chamado de amadurecimento (Silva, 2019).

Porém, de acordo com a análise de crescimento de Marafo (2012):

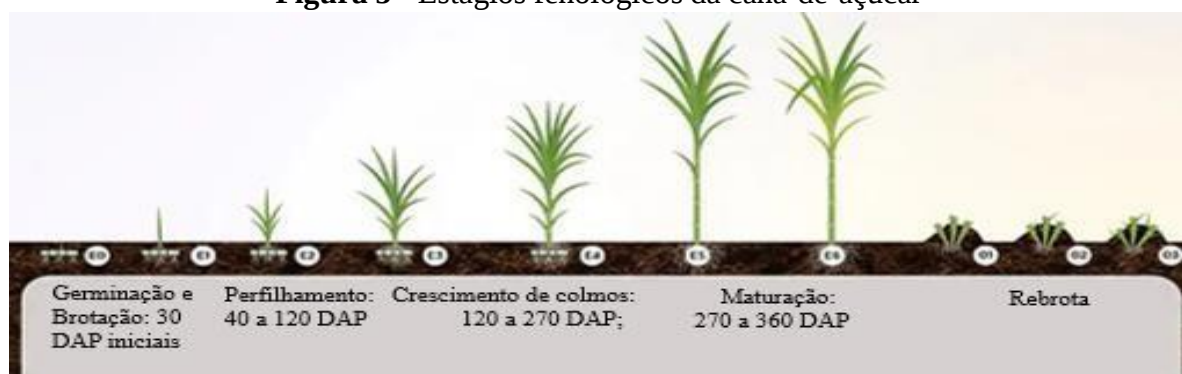
O “Sistema Juijper” determina que as folhas sejam dispostas de cima para baixo, onde a folha inserida mais alta, totalmente aberta e mostrando o primeiro brinco visível, recebe o nome de folha 1, então os números abaixo dele são consecutivamente 2, 3 e 4 (figura 2). Conhecer esse número é importante para realizar análises de crescimento vegetal seguindo parâmetros morfológicos.

Figura 4 - (A) Disposição das folhas, localização do nó e do entrenó no colmo e (B) detalhes das estruturas contidas no nó.



Fonte: Segato et al., 2006; Autor, 2023

O conhecimento da fenologia da cana-de-açúcar (figura 5) permite identificar relações e efeitos entre fatores relacionados ao processo produtivo, o que facilita a prevenção de problemas, a tomada de decisões e o correto manejo da adubação seguindo as janelas fisiológicas ideais de desenvolvimento da cultura (Marin, 2022b).

Figura 5 - Estágios fenológicos da cana-de-açúcar

Fonte: Sobrinho et al., 2019

Após a primeira colheita a cultura passa por uma rebrota chamada soqueira, que dura a mesma do primeiro ciclo, os fatores ambientais que afetam o ciclo de colheita da cana também afetam o ciclo de colheita, por isso é importante adequar o manejo e consumo de alimentos e água. A rebrota da cana pode ocorrer em cerca de 4 a 5 cortes, neste caso recomenda-se o replantio da cana (Vilar, 2021b).

A cana-de-açúcar apresenta menos estádios fenológicos em comparação com outras plantas, principalmente devido à sacarose armazenada em seus colmos (Manhães et al., 2015). Suas etapas correspondem a: germinação e brotação conforme etapa indicada durante os primeiros 30 dias após o plantio (DAP); Edição, que geralmente ocorre entre 40 e 120 DAP; O crescimento do caule, onde as folhas crescem sucessivamente e necessitam de muita luz, ocorre por volta dos 120-270 DAP e a fase de maturação corresponde à fase mais longa e pode durar até 6 meses (270 e 360 DAP). o máximo acúmulo possível de sacarose (Duarte, 2020a).

3.2.2 Disponibilidade de nutrientes no solo

Pode-se afirmar que os fertilizantes minerais solúveis provocam sérios desequilíbrios no solo, resultando em desequilíbrios bioquímicos nas plantas, principalmente através da redução da síntese proteica.

Já Alcarde (1992) afirma que o desequilíbrio que ocorre nas plantas se deve ao fato de ser absorvido diretamente nelas, o que altera fundamentalmente o metabolismo da planta, além disso, tais fertilizantes aumentam drasticamente a pressão osmótica no solo e impedem o desenvolvimento e a atividade dos microrganismos nele contidos.

Por outro lado, sugere que fertilizantes orgânicos e minerais pouco solúveis podem fornecer todos os nutrientes necessários às culturas em quantidades suficientes e proporcionais, sem promover o acúmulo de substâncias livres nas plantas através do estímulo da proteossíntese.

3.2.3 Matéria orgânica do solo

O termo matéria orgânica é usado para descrever todos os compostos do solo que contêm compostos orgânicos de carbono.

De acordo com Leite et al (2003):

A matéria orgânica do solo é constituída principalmente por restos frescos de plantas (folhas, raízes etc.) e animais, que são capazes de se decompor e liberar nutrientes e húmus, o que melhora a capacidade de troca catiônica (CTC) do solo.

A matéria orgânica desempenha um papel fundamental na estruturação do solo, promovendo melhor agregação e classificação de partículas sólidas, aumentando a porosidade, facilitando a infiltração e retenção de água e promovendo o crescimento da CTC.

3.2.4 Nutrição e adubação da cana-de-açúcar

De acordo com os dados coletados por Bittencourt e colaboradores (2006), são coletados 100 t ha⁻¹ de colmos industrializáveis, ocorre uma extração de 30 a 40 kg ha⁻¹ de N, 20 a 30 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 70 a 100 kg ha⁻¹ de K₂O, 30 a 50 kg ha⁻¹ de CaO, 15 a 20 kg ha⁻¹ de MgO e 140 a 160 kg ha⁻¹ de Si.

De acordo com Matsuoka et al (1999):

O nitrogênio (N) é uma parte essencial do crescimento das plantas e é necessário em grandes quantidades em comparação com outros macronutrientes. Em situações onde ocorre deficiência de nitrogênio, as plantas apresentam sintomas típicos como clorose geral das folhas mais velhas e crescimento atrofiado. Na cana-de-açúcar, a altura dos colmos é reduzida e o número de colmos é reduzido.

Inicialmente, as recomendações para o plantio da cana-de-açúcar recomendavam uma dose de 100-140 kg ha⁻¹ de P₂O₅, enquanto a cana-de-açúcar não deveria responder à adubação com este nutriente (Bittencourt et al., 2006). Para as cultivares mais plantadas atualmente, Barbosa et al (2002) e Oliveira et al (2002) mostraram que a extração de fósforo varia de 0,2 a 0,3 kg de P por tonelada de matéria natural da parte aérea da planta, valores também relatados por Rajj (1997) e Vitti e Mazza (2002).

Em média, são cultivados de quatro a cinco pedaços de cana para produção de álcool e açúcar. Quatro rotações de grama podem cobrir até 90% da área de plantio. Apesar desta representação, há poucas pesquisas sobre recomendações para adubação da palha, especialmente porque o objetivo atual é aumentar a eficiência e reduzir custos deste sistema de produção agrícola. O nitrogênio e o fósforo são os nutrientes mais importantes responsáveis pelo crescimento da cana-de-açúcar. A deficiência de fósforo limita o cultivo, o que leva a baixo crescimento, menor diâmetro do caule e encurtamento das

articulações (Dillewijn, 1952).

Para a maioria das regiões canavieiras do Brasil, em Alagoas, Pernambuco e na Paraíba, Espírito Santo, Minas Gerais e Zambello Jr. e Azeredo (1980) em São Paulo, relataram maior resposta à adubação nitrogenada na rotação da cana-de-açúcar do que na cana-planta.

Teixeira et al (2008), que investigaram o efeito de diferentes doses e épocas de aplicação de nitrogênio no escorbuto da cana-de-açúcar, não encontraram diferença significativa no número de cultivares ha⁻¹. A aplicação de nitrogênio geralmente aumenta a produção de novos perfilhos. Já Latossolo Roxo em São Paulo, Orlando Filho (1978) constatou que uma tonelada de cana-de-açúcar necessita de 0,68 kg de nitrogênio. Por outro lado, Raij (1997) recomendam que quando o nitrogênio for aplicado na cana-de-açúcar, a produtividade esperada seja baseada em um quilograma de nitrogênio aplicado por tonelada estimada.

De acordo com Orlando Filho et al (1983):

À medida que o teor de nitrogênio do solo aumenta, a cana-de-açúcar produz mais massa vegetal. O N aumenta o comprimento do caule, o que reduz a espessura da parede celular, o que pode levar à diminuição do teor de fibra vegetal.

Zambello Jr. e segundo Orlando Filho (1981):

Em solos com baixo teor de fósforo, o plantio do fertilizante apresenta efeito residual significativo nas culturas subsequentes, considerando a baixa extração da cultura e a ausência de perdas de solo. No entanto, este efeito residual depende de muitos factores, tais como: a capacidade de ligação de fósforo do solo, o nível inicial de fósforo disponível, a forma, fonte e dose de fósforo utilizada.

Zambello Jr et al (1980) no estado de São Paulo constataram que o fósforo provocou aumento significativo na produção de cana-de-açúcar em três solos com teores do elemento inferiores ou iguais a Bittencourt et al (1977) a nível de criticidade recomendado.

Bolsanello et al (1993) dizem que:

Se o fósforo for aplicado corretamente no plantio, pelo menos quatro cortes são suficientes e a aplicação tardia desse nutriente pode aumentar a produtividade, mas não restaurar o potencial produtivo da cultura. A dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ utilizada nestes testes foi derivada de fórmulas disponíveis no momento de sua instalação. E a dosagem recomendada de P₂O₅ para cana-de-açúcar é de 30 kg ha⁻¹ quando plantada em canaviais fertilizados quando P (resina) é inferior a 15 mg dm⁻³.

Já Vitti e Mazza (2002) dizem que:

A reação à aplicação de P₂O₅ em relação ao fertilizante fosfatado

ocorre quando a acidez do solo é satisfatória, ou seja, a saturação alcalina é superior a 50% e o teor de P no solo é baixo (P - resina; 10 mg dm⁻³). Assim, sabendo que 10 mg dm⁻³ de P correspondem a 46 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na camada 0-20 cm e que 100 t ha⁻¹ de colmos extraem aproximadamente 45 kg ha⁻¹ de P₂O₅, pode-se concluir pela sua ausência. O P provoca o esgotamento desse nutriente no solo, o que exige a reciclagem do P₂O₅.

Zambello Jr. e segundo Orlando Filho (1981), investigando a competição entre fontes de fósforo e efeitos residuais em ratos, encontraram respostas significativas ao fertilizante fosfatado, que produziu efeitos residuais equivalentes em solos com concentrações de fósforo abaixo do nível crítico de 9 mg dm⁻³. Também foi descoberto que a produtividade da cana-de-açúcar em culturas fertilizadas com fósforo aumentou significativamente nesses solos pobres em fósforo.

Ao estudar doses de fertilizantes fosfatados em cana-de-açúcar, pode-se concluir que estes não reagiram ao fósforo em dois solos, Latossolo Roxo (LR) e Latossolo Vermelho Escuro (LE), independente do sistema de aplicação (superficial ou profundidade), sugerindo que a adubação de plantio foi suficiente para fornecer nutrientes para dois ou mais cortes consecutivos. E Demattê (2005) avaliou a produtividade da cana-de-açúcar com diferentes doses de P₂O₅ (100 kg ha⁻¹, 200 kg ha⁻¹ e 400 kg ha⁻¹) quando não encontrou diferença significativa entre as diferentes doses.

A colocação do fertilizante no solo pode ser importante para a eficiência da absorção de nutrientes da cana-de-açúcar, principalmente para a absorção de fósforo devido à sua imobilidade. Portanto, levanta-se a hipótese de que ao aumentar a quantidade de solo fertilizado ao redor das raízes, o fertilizante será melhor absorvido e, assim, a absorção de nutrientes aumentará (Sleight et al., 1984). Esse aumento no volume de solo fertilizado não deve ultrapassar determinados valores, pois o solo se liga melhor e a eficiência diminui (Kovar; Barber, 1989).

Nesse sentido, Schroo (1956) menciona que é importante e desejável aumentar o teor de fósforo em um volume limitado e selecionado ao redor do ambiente radicular, e não no volume total ou mesmo em toda a área ocupada pelas raízes. Uma escolha óbvia para a obtenção de fósforo são as fontes orgânicas, das quais se destaca a torta de filtro da indústria sucroalcooleira. Porém, ao utilizar torta de filtro, que é um material rico em cálcio e certa quantidade de magnésio, deve-se levar em consideração que tais elementos podem combinar-se com formas solúveis de fósforo, compostos precipitados como ortofosfato de cálcio e magnésio, que é suficiente e insolúvel. A adição de rocha fosfática também não é recomendada porque o pH da matéria orgânica (torta de filtro) é alcalino, o que dificulta a dissolução do fósforo (Cosan, 2006).

A deficiência de K pode causar fixação celular devido à redução da rigidez celular

e redução da fotossíntese devido ao fechamento estomático. Para Zambello Jr e Azeredo (1980), a resposta da cana-de-açúcar ao potássio é geralmente da mesma ordem de grandeza que a da cana-planta.

O manejo da fertilização é uma estratégia eficaz para prolongar a vida útil dos canaviais, pois o fertilizante é uma ferramenta fundamental para garantir produtividade e longevidade, possibilitando o máximo número de colheitas e ciclos de crescimento da cana-de-açúcar de forma sustentável e econômica (Mosaic, 2022a). Tal manejo é crucial porque a maioria dos solos brasileiros apresenta severas limitações de fertilidade, portanto a fertilização, juntamente com a calagem, o gesso e a adubação verde, é parte fundamental para melhorar as propriedades físico-químicas do solo (Malavolta, 1980; Van Raij, 1991), vemos nas figuras abaixo (figura 6).

Figura 6 – Manejo da Cana-de-açúcar



Fonte: Autor, 2023

Para alcançar alta produtividade de colmos durante a rotação de culturas da cana-de-açúcar e baixa produtividade para reduzir a produtividade, é necessária a implementação de medidas que aumentem a fertilidade do solo por meio de adubação e nutrição ideal, o que aumenta a produtividade da cultura (Oliveira et al., 2018). A eficácia da adubação está relacionada a diversos fatores, como a época de espalhamento, a idade do canavial, a quantidade de precipitação, o método de adubação e o comportamento do alimento tanto no solo quanto nas plantas (Duarte, 2020b).

3.2.4.1 Acúmulo de nutrientes na cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma cultura com alta produção de biomassa, por isso se separa do solo e libera grandes quantidades de nutrientes para as plantas (Oliveira et al., 2018).

Dado que a recuperação de nutrientes da cana-de-açúcar do solo é alta, é necessário um fornecimento adequado de fertilizantes para atingir altas produtividades. Como o custo da nutrição mineral é parte importante dos custos de produção, é necessário seguir os critérios de adubação recomendados para otimizar o plantio e obter canaviais cada vez mais rentáveis (Silva et al., 2017).

A quantificação da necessidade da planta em macro e micronutrientes provenientes do solo, fertilizantes e ar permite determinar a capacidade do solo em fornecer esses nutrientes e, se necessário, aumentar a quantidade necessária com substâncias químicas e orgânicas e resíduos agroindustriais (Raij, 2011; Oliveira et al., 2018).

3.2.4.2 Condições edafoclimáticas favoráveis ao plantio da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é plantada nas latitudes de 35°N a 30°S, até 1.000 metros de altura (Rodrigues, 1995). As condições edafoclimáticas são importantes para o bom desenvolvimento da cultura quanto às fases respiratória, fotossintética e fenológica. Nesse sentido, a seleção das variedades deve ser controlada, pois o amadurecimento das variedades pode ocorrer precocemente, no meio ou tarde, o que prejudica o crescimento da cana-de-açúcar. A temperatura média ideal fica em torno de 30°C, acima de 38°C pode aumentar a respiração e desacelerar a fotossíntese, mas é importante ressaltar que cada etapa do cultivo possui sua temperatura ideal (Diolla; Santos, 2010; Rodrigues, 1995; Santos et al., 2009).

Quanto ao fotoperíodo, das 10h às 14h é considerado suficiente porque, além da temperatura, a alta velocidade da luz resulta em ângulos mais grossos e longos, folhas mais longas e verdes e um crescimento mais forte. Valores de umidade de 80 -85% permitem um alongamento mais rápido na fase de crescimento e 40-65%. Após o ciclo de crescimento, o déficit hídrico, associado ou não à diminuição da temperatura, favorece o amadurecimento da cana (Sandre; Fiorelli, 2009).

3.2.5 Cultivares de cana-de-açúcar

O cultivo comercial da cana-de-açúcar é trabalhoso e demorado, desde o cruzamento até a introdução de uma nova variedade no mercado. O principal objetivo da reprodução de *Saccharum Officinarum L.* é a obtenção de cultivares com características positivas tanto para a agricultura como para a indústria. Portanto, o foco está na escolha de

marcas para aumentar a produção de açúcar ou de sólidos solúveis totais (Pedrozo et al., 2009).

De acordo com Silva et al (2015):

Os avanços na genética levaram ao desenvolvimento de novas cultivares por meio de programas de melhoramento genético que viabilizam cultivares. Portanto, é possível substituir uma variedade por outra que apresente melhores características de adaptação e produtividade, o que pode produzir benefícios muito significativos.

As cultivares de cana-de-açúcar são classificadas de acordo com a maturidade em variedades precoces que amadurecem no início da colheita, variedades médias que amadurecem no meio da colheita e variedades tardias com alto teor de sacarose. no final da colheita. A combinação de variedades de diferentes ciclos permite a disponibilidade de cana de alta qualidade durante a colheita (Silva; Silva, 2016).

3.2.5.1 Variedade RB867515

A variedade RB867515, criada e selecionada pelos criadores do Planalsucar, é uma das variedades mais cultivadas no Brasil. Resultado de um policruzamento, onde a fêmea era RB72454, que foi fecundada com pólen de diversas outras variedades, portanto não foi possível determinar a “variedade parental” (Oliveira; Barbosa; Daros, 2021).

Em termos de características morfológicas, apresenta hábito de crescimento vertical, crescimento médio e alta uniformidade. Quanto às características agroindustriais, pode-se afirmar que a variedade funciona melhor em solos com textura arenosa e baixa fertilidade natural, o que indica alta produtividade de sacarose. Além disso, apresenta boa germinação e tolerância à seca (Oliveira; Barbosa; Daros, 2021).

Já Bernardes et al (2022) constataram que a cultivar RB867515 se adaptou melhor às condições climáticas e apresentou melhor crescimento, altura e diâmetro, indicando que mesmo com o passar dos anos a cultivar mantém suas características morfológicas.

3.3 MANEJO DO AMBIENTE DE PRODUÇÃO E CONDUÇÃO DO CANAVIAL

O ambiente de produção da cana-de-açúcar é definido como o conjunto de condições físicas, hidrológicas, morfológicas, químicas e mineralógicas do solo quando a camada do campo é manejada adequadamente. Assim, o ambiente de produção é afetado pelas práticas de tratamento do solo, calagem, reboco, adubação química e orgânica, adubação verde, sistema de plantio de cana-de-açúcar, controle de ervas daninhas e pragas. Também afeta as propriedades do solo e as variáveis climáticas locais, como precipitação, temperatura, radiação solar e evaporação (Prado, 2005; Brunini, 2008; Demattê; Demattê,

2009).

3.3.1 A prática da calagem e gessagem

Um fator que limita o bom desempenho dos canaviais é que o solo brasileiro costuma ser naturalmente ácido. Esta acidez também pode ser atribuída à presença de elementos fitotóxicos como o alumínio (Al) e o manganês (Mn), que são trocáveis no solo, bem como o cálcio (Ca) e o magnésio (Mg) (Sousa, 2007; Oliveira et al., 2018). Este processo de acidificação pode ser potencializado pelo uso de fertilizantes nitrogenados e cultivo excessivo (Raij, 2011).

A calagem é uma prática rotineira na agricultura técnica porque corrige a acidez, neutraliza o alumínio tóxico, fornece cálcio e magnésio, aumenta a disponibilidade de alguns nutrientes, melhora a estrutura do solo e a atividade microbiana (Brady, 1989). A capacidade de troca catiônica (CTC) do solo também é afetada, aumentando a disponibilidade de N e P (Padilha, 2014). Outra vantagem é o efeito significativo da calagem na macroporosidade da camada de 04-20 cm, o que aumenta a produção de matéria seca da planta (Castro et al., 2011). Segundo Alcarde (1992), o sucesso da calagem depende principalmente de três fatores:

a dose correta do agente de tratamento, as propriedades do tratamento utilizado e o uso correto. Calcários calcíticos, magnésio e dolomita e silicatos de cálcio e magnésio são comumente usados como corretores de acidez do solo. Os métodos para determinação da calcificação são: o método de incubação, o método $Al^{3+} + (Ca^{2+} + Mg^{2+})$, o método de saturação básica e o método SMP (a abreviatura que identifica o método refere-se aos seus autores: Shoemaker, MacLean e Pratt). No cultivo da cana-de-açúcar recomenda-se aumentar a saturação básica para 60%, e Raij (2011) e Oliveira juntamente com seus colaboradores (2018), a seguinte expressão é utilizada para calcular a dose:

$$QC \text{ (t ha}^{-1}\text{)} = [(60 - V) \times T] \div PRN$$

(Equação 1)

V = saturação por bases atual do solo; T = capacidade de troca catiônica a pH 7,0;

PRNT = poder relativo de neutralização total do corretivo utilizado; QC = quantidade decalcário

Junto com a calagem, tem sido sugerido que o gesso seja utilizado em sistemas de plantio de cana-de-açúcar para reduzir a toxicidade do alumínio (Al) no solo e movê-lo para camadas mais profundas (Souza, 2006; Oliveira et al., 2018), pois esse elemento é considerado tóxico para as plantas quando ocorre em formas químicas que se ligam ao fósforo do solo. O menor pH característico de solos ácidos comuns no Brasil favorece a presença de formas tóxicas de Al.

No solo, esses compostos se ligam às formas H_2PO_4^- , enquanto o P, que é um elemento pouco móvel torna-se ainda menos disponível para as plantas. Portanto, a entrega deste item pode estar em risco. O alumínio liga-se às raízes das plantas quando é absorvido pelas estruturas da membrana celular constituída por uma bicamada fosfolipídica, onde pela presença do P em sua estrutura, o Al se liga a ele e reduz a fluidez da membrana plasmática, resultando na captação pela membrana. A quantidade de nutrientes na célula também diminui (Oliveira et al., 2018). Consequentemente, o Al liga-se às membranas dos cloroplastos onde ocorrem as reações fotoquímicas da fotossíntese, o que ameaça o processo de fotossíntese e, como resultado, a produção de fotoassimilações nas plantas é reduzida e o crescimento e o desenvolvimento são perturbados. Em geral, a presença desse elemento afeta processos de fotossíntese, respiração celular, transporte de alimentos e água, ocasionando menor produtividade da cana-de-açúcar (Taiz; Zeiger, 2016; Oliveira et al., 2018).

Com a aplicação de gesso, o alumínio presente irá precipitar e isto ocorre devido a possibilidade do SO_4^{2-} , proveniente da solubilização do $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, movimentar-se no perfil do solo e acumular-se nas camadas mais profundas, ligando-se ao Al^{3+} , formando AlSO_4^+ . Quando a camada subsuperficial do solo apresentar teores de Cálcio (Ca) menores que $0,4 \text{ cmolc dm}^{-3}$ e/ou Al^{3+} maior que $0,5 \text{ cmolc dm}^{-3}$ e/ou saturação por alumínio maior que 20% deve-se recomendar a aplicação do gesso (Ribeiro et al., 1999; Souza, 2006; Oliveira et al., 2018). Como Oliveira et al (2007), as doses de gesso são baseadas nas necessidades de calcário e na estrutura do solo, aplicando-se 1/3 a 1/4 da recomendação de calcário.

3.3.2 Adubação química e orgânica da cana-de-açúcar

Na implantação e manejo do canavial são utilizadas práticas culturais como a adubação química e a adubação orgânica para atentar para o fornecimento adequado de nutrientes à cultura, pois a cana-de-açúcar, pelo seu alto potencial de produção, retira quantidades de nutrientes do solo (Barbosa et al., 2002; Coleti et al., 2006; Franco et al., 2007). Portanto, os elementos extraídos das plantas e utilizados para o crescimento e desenvolvimento devem ser substituídos para garantir que a produtividade e a longevidade da rebrota não sejam comprometidas (Oliveira et al., 2011b).

A cana-de-açúcar, por produzir grande quantidade de polpa, absorve e acumula grande quantidade de nutrientes do solo. Com base em estudo realizado em diversos locais de produção de cana-de-açúcar em Alagoas e Minas Gerais, Oliveira et al (2018) afirmam que:

Na produção de 120 toneladas de alimento natural por hectare, e cerca de 100 toneladas de caule industrial, o acúmulo de nutrientes na parte aérea da planta é da ordem de 150, 40, 180, 90, 50 e 40 kg de N, P, K, Ca, Mg e enxofre, respectivamente. Segundo os micronutrientes ferro, manganês, zinco, cobre e boro, os acúmulos são maiores que o ar na biomassa, bem como por 120 t de produção, cerca de 8,0; 3,0; 0,6; 0,4; e 0,3 kg, respectivamente.

Os fertilizantes químicos utilizados na cana-de-açúcar baseiam-se em estudos sobre as respostas desta cultura à adubação em função da fertilidade do solo (Malavolta, 1980; Orlando Filho, 1983) ou atualmente em função da produtividade do solo e das expectativas de fertilidade (Lopes; Guilherme, 2007; Raij, 2011). Existe também outra opção de fertilização chamada adubação de reciclagem, que se refere à reposição dos nutrientes liberados durante a colheita (Oliveira et al., 2007; Oliveira et al., 2018).

Uma prática cultural muito utilizada no cultivo da cana-de-açúcar é a adubação verde em áreas onde os canaviais são renovados ou implantados. A adubação verde é o cultivo de plantas com o objetivo de sua fixação ao solo e cuja finalidade é aumentar a concentração de matéria orgânica no solo e manter ou mesmo aumentar sua fertilidade (Mascarenhas et al., 2008; Oliveira et al., 2018). A concentração de matéria orgânica no solo pode ser mantida ou aumentada de diversas maneiras, mas a adubação verde tem sido uma das mais utilizadas tanto para pequenas e grandes propriedades (Oliveira et al., 2007; Duarte Júnior; Coelho, 2008; Oliveira et al., 2011b).

3.3.3 Adubação fosfatada na cana-de-açúcar

O fósforo é uma parte importante do desenvolvimento das plantas, pois desempenha funções importantes no enraizamento das plantas, na cinética e metabolismo de absorção de nutrientes e carbono, no armazenamento e transferência de energia, na divisão celular, afetando a qualidade das plantas, ração, açúcar obtido e eficiência da fermentação alcoólica (Oliveira et al., 2007; Raij, 2011; Calheiros et al., 2012). O fósforo proveniente do fertilizante é uma molécula pouco solúvel e que se movimenta pouco no perfil do solo (Novais; Smith, 1999; Raij, 2011; Oliveira et al., 2018).

Essa baixa solubilidade pode ser mais acentuada quando estão presentes compostos como ferro, alumínio e cálcio, que podem reagir com o fósforo na fase sólida do solo. Em solos ácidos, dominados por caulinita e óxidos de ferro e alumínio, ocorrem combinações mais importantes de fósforo com ferro e alumínio, em solos neutros ou alcalinos formam-se fosfatos de cálcio, também pouco solúveis (Raij, 2011; Oliveira et al., 2018).

Como o deslocamento do fósforo no solo é pequeno, normalmente são utilizadas

doses maiores de fertilizante fosfatado durante o plantio, quando o fertilizante é espalhado no fundo do sulco, para melhorar a nutrição da cana-de-açúcar em diferentes ciclos (Oliveira et al., 2007; Oliveira et al., 2018). Se por um lado a aplicação do fertilizante em local mais adequado garante o fundo do sulco, por outro lado, o teor volumétrico de água do solo apresenta menor flutuação do que no sistema radicular da cana-de-açúcar. Podem ocorrer reações de adsorção e transformação de fósforo, reduzindo a disponibilidade da cultura, principalmente em relação à acidificação do solo (Oliveira et al., 2007; Calheiros et al., 2011).

Porém, o adubo fosfatado utilizado no plantio não é suficiente, na maioria dos casos, para garantir o fornecimento deste elemento para a rebrota, principalmente a partir da terceira ou quarta roçada da cana-de-açúcar. Entretanto, o fertilizante fosfatado pode responder à rebrota, mas deve-se atentar para a acidez do solo, principalmente em relação ao alumínio trocável (Malavolta et al., 1989; Raij, 2011).

O alumínio trocável reage com o fósforo e a solubilidade do produto dessa reação, o fosfato de alumínio, é, como mencionado anteriormente, baixa, portanto, apenas uma pequena parte do fósforo utilizado chega ao sistema radicular da cana-de-açúcar e afeta o metabolismo e o crescimento da cana-de-açúcar (Novais; Smith, 1999; Oliveira et al., 2007; Raij, 2011).

Oliveira e colaboradores (2018) citam estudos e estimativas que mostraram que aproximadamente 95% das amostras analisadas não continham alumínio trocável quando o pH da água (pH H₂O) era próximo ou superior a 5,5 ou quando a saturação por bases era igual ou superior a 50%. Com base nessas descobertas, o autor recomenda primeiro corrigir a acidez dos solos com alumínio trocável e depois aplicar fertilizante fosfatado para rebrota se o solo contiver alumínio exposto. Quanto ao nível crítico de fósforo para a regeneração da cana-de-açúcar, e ainda mencionam que um valor de 10,0 mg P por dm³ de solo pode geralmente ser aceito.

3.3.4 Uso de pó-de-rocha aplicadas no sulco de plantio

O tratamento com pó-de-rocha (figuras 7 e 8) pode prolongar o período vegetativo e preencher os colmos, retardando em duas semanas a floração, o que contribui para a produtividade e qualidade industrial da cana-de-açúcar. Portanto, os danos causados pela floração são causados pelo consumo de açúcar através da respiração, onde o açúcar é utilizado para formar bulbos em vez de ser armazenado como sacarose nos caules. Esse consumo de sacarose provoca perda de água dos entrenós, levando a um fenômeno conhecido como isoporização (ou choque) bottom-up da cana-de-açúcar (Segato et al.,

2006).

Figura 7 – Pó-de-rocha



Fonte: Autor, 2023

Figura 8 – Manejo do solo para cultivo da cana-de-açúcar

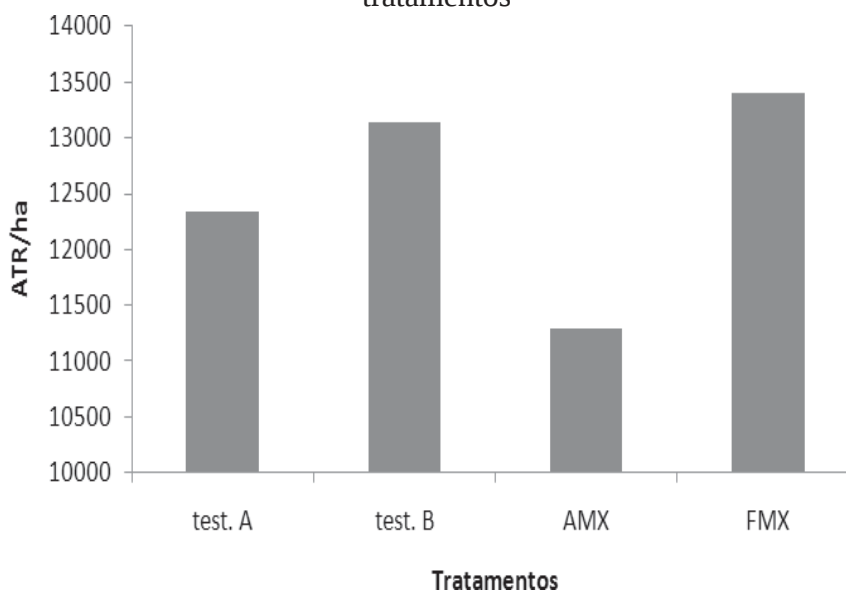


Fonte: Autor, 2023

Um aumento maior pode ser observado no tratamento FMX em relação aos demais tratamentos, onde o FMX teve 13.409 ATR/ha, o controle padrão Raízen teve 13.155 ATR/ha e o controle absoluto teve 12.346 ATR/ha (Figura 9). Esses resultados mostram um comportamento diferente em relação a Leite et al (2008) que, utilizando silicato de cálcio, não encontraram diferença na variável ATR entre o tratamento de cálculos e a adubação convencional, o que pode ser explicado pelo fato de os cálculos de silicato de cálcio utilizados pelos autores conterem grande quantidade de Si, Ca e Mg, enquanto o FMX também contém

outros nutrientes conforme mostrado na Tabela 1. Esses elementos são muito importantes na fertilização e remineralização do solo (Leonardos et al., 1987).

Figura 9 - Produtividade (ATR/ha) de cana-de-açúcar em função dos tratamentos



Fonte: Segato et al., 2006

Tabela 1 - Composição química em porcentagem dos elementos presentes no micaxisto

Rocha	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe Q ₃	CaO	MgO	Na O ₂	K ₂ O	P ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	PF ⁸	Total
Mica xisto	57,8	17,4	8,6	1,8	4,6	2,3	3,4	0,2	0,05	0,9	2,9	100

8 – Voláteis estruturais nos minerais (perda ao fogo)

Fonte: Leonardos et al., 1987

O tratamento AMX apresentou menor valor de ATR (11.293 ATR/ha) em comparação aos demais tratamentos. Este resultado pode estar relacionado ao tamanho das partículas, que reduz a dissolução dos nutrientes em comparação ao tratamento FMX. Porém, devido ao efeito residual, são esperados melhores valores de produção nos próximos anos. A utilização do FMX na cana-de-açúcar pode aumentar a produção ATR/ha, o que representa uma vantagem econômica porque essa variável forma a moeda do negócio canavieiro.

3.3.4.1 Rochagem

O Brasil possui solos de origem tropical com elevada pobreza climática e nutricional. A utilização de técnicas de gestão moderada muitas vezes dificulta e limita a produção. Esse fato é importante para o consumo de fertilizantes minerais importados, o que limita o processo produtivo, pois o país depende de mais de 30 milhões de toneladas com custo superior a 9 bilhões de dólares, o que encarece a produção e a alimentação (ANDÁ,

2022).

A busca pela sustentabilidade nos sistemas agrícolas tem levado ao desenvolvimento de pesquisas na área e à descoberta de soluções para uma agricultura nova, moderna e produtiva. A utilização de produtos de fontes naturais pode minimizar a demanda por fertilizantes inorgânicos nos sistemas de produção, o que é um fato positivo porque esses fertilizantes são caros para comprar e fabricar. Neste ponto de partida, é necessário investigar o potencial daqueles produtos que, através de uma gestão sustentável, podem garantir os processos agrícolas e manter a qualidade dos alimentos e subprodutos produzidos. Para conseguir isso, é importante considerar ações positivas em direção à base da produção, ou seja, o chão. Dessa forma, a partir das três etapas do desenvolvimento sustentável, econômico, social e produtivo, surgem novas alternativas de produção de alimentos, como o balanceamento de pedras e a aquisição de substâncias remineralizantes do solo. A utilização do pó de pedra reduz os custos e os efeitos ambientais dos fertilizantes minerais, além de ser um produto multielementar útil para o solo, proporciona melhores condições para o crescimento das plantas e aumenta as propriedades físico-químicas e nutricionais das plantas. Alguns exemplos são rochas graníticas (Silva et al., 2013), rochas basálticas (Ramos et al., 2014), fonolitos (Oliveira et al., 2018) e andesitos (Dalmora et al., 2020).

Os remineralizantes de solo são materiais silicatados naturais cujo tamanho de partícula foi reduzido no processo de produção (BRASIL, 2013). Essa redução não está relacionada à presença de produtos químicos, mas sim a aplicações físicas como moagem e peneiramento de pedras para obtenção de um produto em pó.

A partir da Lei nº 12.890/2013 (BRASIL, 2013) esses materiais passaram a ser tratados como passivo ambiental e portanto tiveram que ser devidamente removidos, e em 2016 com a Portaria Normativa nº 05 (BRASIL, 2016), normas, garantias e protocolos desenvolvidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Cuidados (MAPA) para avaliação da eficiência agrônômica desses pós de origem pétrea, o que permite que sejam registrados como remineralizantes, uma vez que não todas as pedras têm esse potencial de remineralizar o solo. Assim, adicionar pó de rocha a solos degradados ou intemperizados é uma prática que visa revitalizar, melhorar e aumentar a fertilidade do solo através da adição de novos minerais.

As adições mostram significativamente que a utilização do pó de rocha (PR) na agricultura, seguindo as condições pertinentes de acordo com a legislação vigente sobre o produto, o caracteriza como uma nova contribuição aos processos produtivos e pertence à categoria de remineralizantes de solo (BRASIL, 2016). Podemos ver através do manejo como mostra-se nas imagens abaixo (figuras 10 e 11).

Figura 10 – Manejo do plantio da cana-de-açúcar para iniciar a rochagem



Fonte: Autor, 2023

Figura 11 – Rochagem



Fonte: Autor, 2023

3.3.4.2 Rocha basáltica com bioisolubilizadores de fósforo

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma das culturas mais importantes do cenário agrícola mundial e nacional. A escassez imediata das reservas de petróleo, fonte de energia mais importante do mundo, e a preocupação da sociedade com a proteção ambiental são os principais motivos que têm levado os governos a buscarem estratégias para aumentar a produção e o consumo de combustíveis renováveis e sustentáveis (Raij, 2011).

No Brasil mostra 2023/24. A primeira estimativa da safra do ano é de aumento da produção de cana-de-açúcar em relação à safra anterior. Estima-se que seja 2022/23. aumento de 4,4% em relação à safra 2016, resultando na produção de 637,1 milhões de toneladas de cana-de-açúcar. O país deverá destinar 8.410,3 mil hectares para a colheita de cana-de-açúcar, com rendimento médio de 75.751 kg/ha. O maior aumento de área é justificado pelo aumento das áreas de construção de ampliações e reformas, o que afeta diretamente a produtividade, uma vez que os primeiros cortes apresentam maior rendimento. Além disso, as condições climáticas para esta safra foram ainda melhores que as da safra 2022/23 (CONAB, 2023).

A maior parte dos solos brasileiros são inicialmente ácidos e pobres em nutrientes, o que piora com o uso contínuo, reduzindo a fertilidade e reduzindo a matéria orgânica ao longos anos (Perin et al., 2003). Isso aumenta a produtividade da cana-de-açúcar, o que a torna ainda mais dependente do uso de fertilizantes.

A busca por fertilizantes aumenta a cada ano, mas um dos maiores desafios é utilizar fontes renováveis e mais baratas de nutrientes, como resíduos orgânicos e minerais disponíveis localmente, eliminando ou reduzindo gradativamente o uso de fertilizantes minerais solúveis conhecidos como fertilizantes químicos. Os fertilizantes solúveis apresentam altos custos associados ao manuseio e transporte por longas distâncias, causando problemas ambientais como a eutrofização das águas superficiais e subterrâneas e a liberação de gases poluentes na atmosfera (Martins et al., 2010).

Além disso, necessitam de fontes de energia não renováveis para processamento e dependem do uso de recursos minerais não renováveis, que são escassos e mal distribuídos entre os países (Foley et al., 2005; Fixen; Johnston, 2012). Esses problemas exigiram a busca de alternativas, e uma delas foi a utilização de pedras silicatadas.

A utilização de rochas silicatadas como fonte de nutrientes na agricultura é uma prática antiga (Gillman, 1980; Winiwarter; Blum, 2008), mas foi um tanto esquecida com o uso de fertilizantes solúveis. Atualmente no Brasil, a recente reavaliação dessa prática está relacionada a três motivos principais, entre eles: a busca por alternativas às fontes

importadas de nutrientes (especialmente K), já que o país é um dos maiores importadores de fertilizantes do mundo; a necessidade de utilização de grandes quantidades de pedreiras e resíduos e a expansão da agricultura agroecológica, que limita o uso de fertilizantes solúveis e promove o uso de recursos disponíveis localmente (Carvalho, 2012).

O basalto é composto por uma miríade de minerais silicatados e é um importante material parental do solo que contribui para a fertilidade porque é dominado por minerais catiônicos facilmente intemperizáveis, especialmente epiroseno feldspato cálcio-sódico (Resende et al., 2002).

A utilização desse resíduo de rocha basáltica, incluindo o pó de rocha, aumenta os coloides negativos devido à presença de sílica, que retém cátions como Ca, Mg e K, evitando sua lixiviação pela água (Kavaleridze, 1978).

Embora existam muitos benefícios agronômicos, ambientais e sociais do uso de pó de rocha. Entretanto, um fator técnico muito limitante para uso em um sistema agrícola onde são cultivadas espécies anuais (temporárias) e produzidas mudas é a sua lenta dissolução em minerais disponíveis (Harley, 2000).

Uma forma de acelerar o processo de dissolução seria a tecnologia biodissolúvel, que consiste na utilização de microrganismos que podem reduzir significativamente o tempo necessário para a dissolução dos nutrientes no pó basal do trocho. O pó de rocha dissolvido, quando adicionado ao solo, promove a microbiota e o funcionamento do solo, permitindo reduzir o consumo de suplementos solúveis e fertilizantes (Resende et al., 2002).

Dentre os diferentes grupos de microrganismos do solo que possuem potencial na biossolubilização de nutrientes, destacam-se as bactérias dos gêneros *Rhizobium* (Sridevi; Mallaiah, 2009), *Paenibacillus* (Lal; Tabacchioni, 2009; Wang et al., 2012), *Bacillus* (Silva Filho; Vidor, 2001), e entre os fungos os *Aspergillus* e *Penicillium* (Lopes-Assad et al., 2006; Lian et al., 2008).

3.3.5 Solo tratado com compostos orgânicos ricos em silício

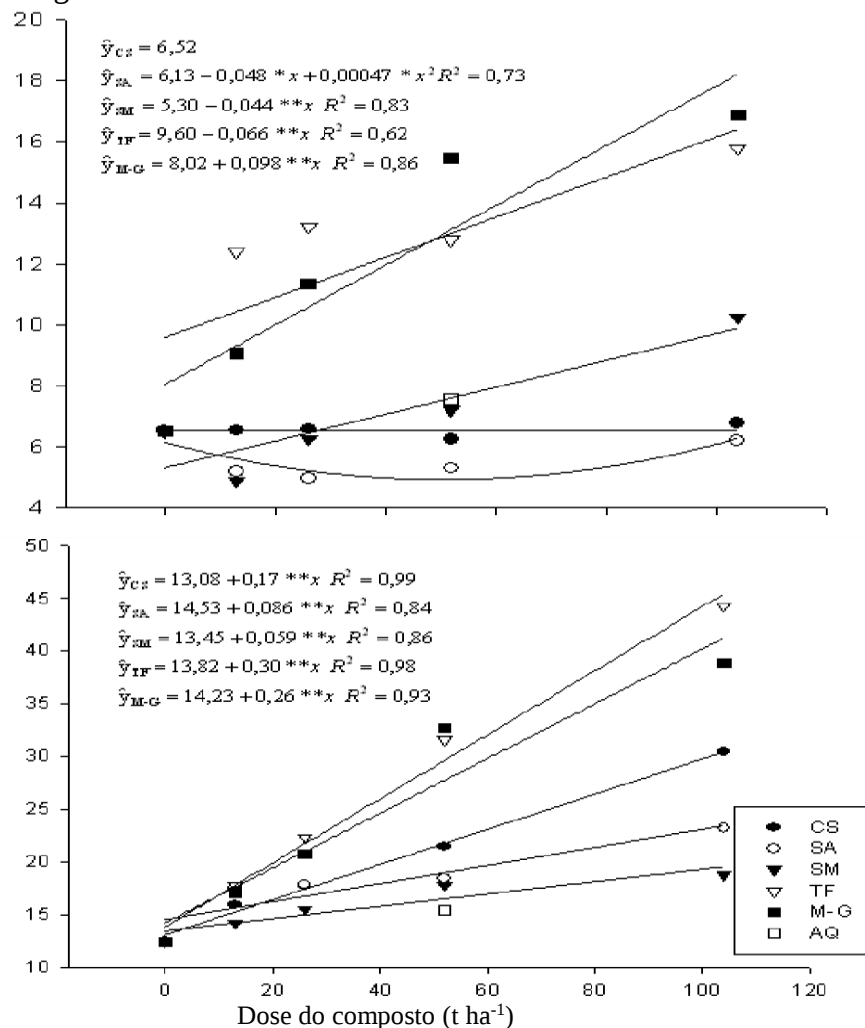
A disponibilidade de fósforo para as plantas em solos tropicais é afetada pela adição desse elemento através da adubação fosfatada e é regulada pelo fenômeno de absorção de P no solo. Esse fenômeno ocorre na superfície dos óxidos de Fe e Al por meio de uma troca intermediária, durante a qual os grupos OH da solução corante são substituídos por íons fosfato, o que reduz sua concentração na solução (Afif et al., 1995; Andrade et al., 2003; Santos et al., 2008).

Resolvendo o problema da adição deste elemento através do fertilizante fosfatado

afetando a disponibilidade de fósforo para as plantas em solos tropicais e é regulada pelo fenômeno de absorção de P no solo. Esse fenômeno ocorre na superfície dos óxidos de Fe e Al por meio de uma troca intermediária, durante a qual os grupos OH da solução corante são substituídos por íons fosfato, o que reduz sua concentração na solução (Afif et al., 1995; Andrade et al., 2003; Santos et al., 2008).

Os níveis de Si "disponíveis" no solo mostram um comportamento linear com o aumento das doses do composto para os tratamentos SM, TF e MG, enquanto um comportamento quadrático é observado para os tratamentos SA (figura 12). Embora os solos tratados com TF e MG tivessem o menor Si total, o nível de Si "disponível" foi o mais alto, com aumentos de dose resultantes da adição linear. Essa disponibilidade pode ser atribuída ao processo de mineralização da cana-de-açúcar durante o processo de compostagem, o que provavelmente permitiu a dissolução do Si contido naquele material, tornando-o prontamente disponível quando aplicado no solo.

Figura 12 - Teores de silício "disponível" (A) e teores de C orgânicos (B) de solo submetido à aplicação de doses crescentes de diferentes compostos orgânicos



CS: composto simples; SA: CS enriquecido com NPK, sendo N: sulfato de amônio; SM: CS

enriquecido com pó de rocha serpentinito + micaxista; TE torta de filtro + bagaço de cana; M-G: tarelo de mamona + bagaço de cana, AQ adubação química (NPK),*, **, significância de 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste t

Fonte: Cosan, 2006

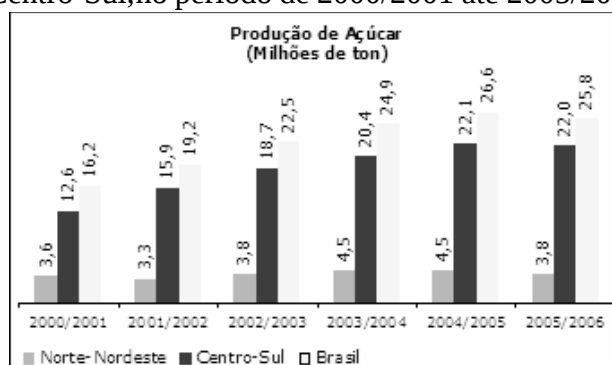
Compostos CS e SA, embora apresentem maior teor de Si total devido à sílica gel na cana-de-açúcar (BC) (Savat et al., 1999) e à sílica cristalina no bagaço de cana-de-charlatão (CBC) (Teixeira et al., 2008), as doses utilizadas tiveram pouco efeito. Estas diferentes formas de silício provavelmente se combinam para formar ácido polissilícico durante a compostagem. Esses pós de rocha parecem ter sofrido alguma solubilização durante o processo de compostagem, denotada pelo aumento linear do Si "disponível" com o aumento da dose aplicada, sobrepujando o efeito (Matichenkov; Snyder, 1996).

4 O AGRONEGÓCIO SUCROALCOOLEIRO E SUA IMPORTÂNCIA ECONÔMICA E SOCIAL

A indústria sucroalcooleira gera aproximadamente 36 bilhões anualmente, com receitas diretas e indiretas responsáveis por aproximadamente 3,5% do PIB do país. Além de fortalecer a economia do país, é um dos setores que mais empregam no país, criando 3,6 milhões de empregos diretos e indiretos, que também beneficiam mais de 70 mil agricultores (Única, 2006).

A produção mundial de açúcar está concentrada em 10 países, que respondem por 74% da produção mundial de açúcar. O Brasil é líder tanto na produção quanto na exportação de açúcar, com os menores custos de produção, garantidos pela maior produtividade e lucros industriais, pelo desenvolvimento de pesquisas de novas variedades, pela utilização de novas técnicas agrícolas e de seu solo. A Figura 13 mostra a produção de açúcar do Brasil e a distribuição da produção nacional entre as regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul de 2000/2001 a 2005/2006.

Figura 13 - Produção de açúcar no Brasil e sua distribuição nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul, no período de 2000/2001 até 2005/2006

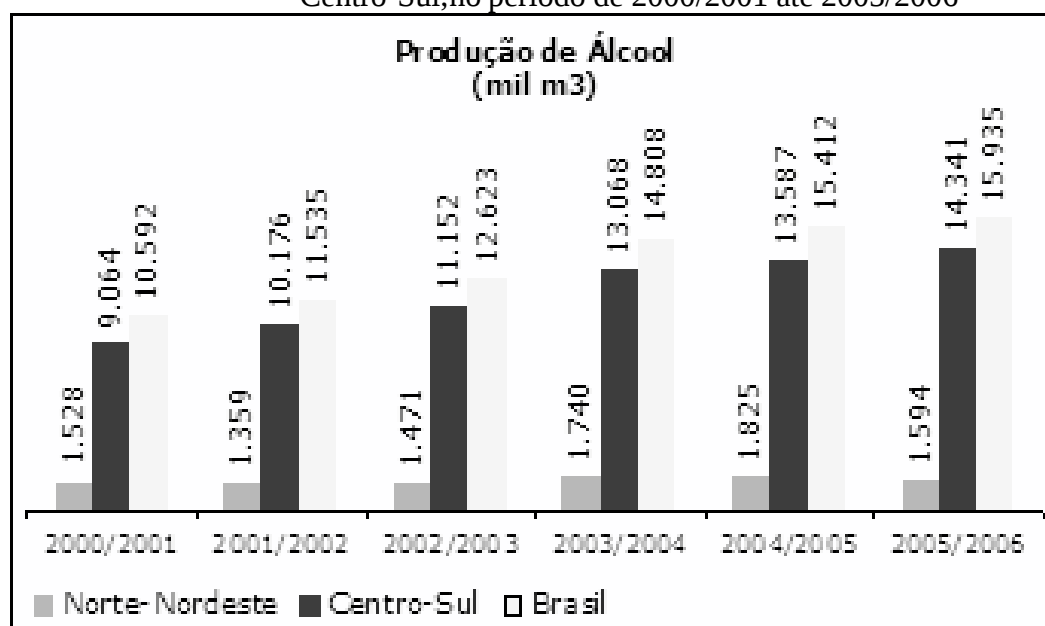


Fonte: Cosan, 2006

O interesse em usar o etanol como combustível tem crescido. Esta tendência deve-se em grande parte ao aumento dos preços do petróleo e à necessidade de reduzir as emissões de gases com efeito de estufa. Vários países comprometem-se voluntariamente com metas de redução de gás, nomeadamente Inglaterra, Alemanha, Países Baixos e Japão. Este cenário contribuirá para o crescimento do mercado de etanol.

O Brasil é o maior produtor de etanol do mundo, seguido pelos Estados Unidos, e voltou a subir à frente porque as vantagens competitivas do Brasil na cana-de-açúcar também se aplicam à cana-de-açúcar (Cosan, 2006). A Figura 14 mostra a produção de álcool do Brasil e a distribuição da produção nacional entre as regiões Nordeste e Centro-Sul de 2000/2001 a 2005/2006. Em 2006, foram exportados 2,1 bilhões de litros de etanol (12% da produção) e 18,15 milhões de toneladas de açúcar (quase 70% da produção). As vendas de açúcar geraram US\$ 3,9 bilhões e as de álcool combustível, US\$ 765,53 milhões, um aumento de 100% em relação a 2005 (Única, 2006).

Figura 14 - Produção de álcool no Brasil e sua distribuição nas regiões Norte-Nordeste e Centro-Sul, no período de 2000/2001 até 2005/2006



Fonte: Cosan, 2006

Em 2004 a área de cultivo de cana-de-açúcar aumentou 4,5% e em 2005 foi de 5,9 milhões de hectares. O principal fator foi a crescente demanda nacional e internacional por álcool combustível (Única, 2006).

O aumento da produção de cana-de-açúcar também é do interesse dos agricultores brasileiros num mercado anual de 1,2 mil milhões de dólares que deverá abrir após a decisão da Organização Mundial do Comércio (OMC) de proibir os subsídios à cana-de-açúcar. União Europeia (UE) para a exportação deste grupo de açúcar. A retirada dos

subsídios da Europa permitirá que outros produtores concorram pela demanda internacional pelos cinco milhões de toneladas de açúcar por ano atualmente fornecidos pelos europeus (Única, 2006).

A expansão dos mercados sucroalcooleiros faz com que o setor sucroalcooleiro antecipe a necessidade de aumentar a produção de cana-de-açúcar, que deverá atingir 580 milhões de toneladas na safra 2010/2011. A Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA) propõe ao governo unir os proprietários de fábricas independentes em cooperativas para promover esse sucesso (Única, 2006).

Cerca de 75% da área de plantações do país pertence a grupos industriais e os restantes 25% pertencem a 50.000 fábricas independentes. Segundo a CNA, esse cenário representa uma mudança significativa em relação ao perfil de plantio apresentado na década anterior, onde metade dos canaviais estava dividida entre indústria e industriais (Única, 2006). O cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) é de grande importância econômica para o setor sucroenergético, portanto seu uso pode ser visto na produção de etanol e no melhoramento genético como silagem. Quando considerada como alimento humano, destaca-se a produção de açúcar, cachaça, rapadura bruta e melaço de cana (Santos et al., 2020).

A cana-de-açúcar é uma das culturas mais importantes produzidas no mundo e é cultivada em mais de 100 países. 83% de sua produção está concentrada em dez países, incluindo o Brasil, que é considerado o maior produtor desta cultura no mundo, cerca de 37% da produção, o que corresponde a 746 milhões de toneladas por ano (Fao, 2021). Associada à introdução de tecnologias de produção e processamento consideradas as mais modernas e eficientes do mundo. Além do açúcar e do etanol, a importância da cana-de-açúcar também tem aumentado em áreas como bioeletricidade e biopolímeros na produção de plásticos biodegradáveis (Cançado et al., 2021).

A produção de cana-de-açúcar foi 5,4% maior na safra 2022/23, abrangendo uma área de 8.288,9 mil hectares, em comparação à safra 2021/22 (Conab, 2023). Segundo comparação feita pela consultoria Czarnikow Group Limited, a moagem da safra 2022/2023 seria de aproximadamente 549 milhões de toneladas. Para a safra 2023/2024, o montante deverá aumentar para 597 milhões de toneladas de cana moída (Figura 15).

Figura 15 - Comparativo e estimativa da moagem de cana-de-açúcar em 9 safras



Fonte: Czarnikow Group Limited, 2023

O que permite a produção de quase 38 milhões de toneladas de açúcar, considerando que o rendimento dos anos anteriores foi, como observado, mais elevado a cultura tem grande potencial de expansão e produtividade, otimização da área de produção (Grilli, 2023).

4.1 Subprodutos da indústria sucroalcooleira

A indústria sucroalcooleira iniciou a reciclagem dos subprodutos, promovendo seu uso racional no cultivo da cana-de-açúcar. O aproveitamento agrícola de subprodutos das indústrias sucroalcooleiras já é uma prática bastante difundida no Brasil, tanto para águas residuárias líquidas, principalmente vinho, quanto para águas residuárias sólidas, cujos principais representantes são o bagaço e a torta de filtro (Polo et al., 1988).

Segundo Kiehl (1985):

A relação C/N da matéria orgânica do solo é um fator importante de diversas maneiras. Os mais importantes são: o incentivo à competição pelo nitrogênio disponível entre microrganismos e plantas quando resíduos com alta relação C/N são adicionados ao solo. Por outro lado, a adição de resíduos de baixa C/N (leguminosas) pode promover o desenvolvimento microbiológico no processo de decomposição, resultando em maior quantidade de N mineralizado.

Cerrin et al (1988) dizem:

A vinhaça possui relação C/N de 15, alto teor de proteínas e 22% de cinzas minerais, principalmente potássio; enquanto o bagaço é majoritariamente lignocelulósico, com relação C/N de 200. A torta de filtro é intermediária entre as duas primeiras, mas seu potencial alimentar é mais próximo do da vinhaça.

Além disso, Cerrin et al (1988), Polo et al (1988) enfatizam que ao controlar o desenvolvimento dos materiais iniciais, a compostagem desses subprodutos (vinasse, bagaço e torta de filtro) oferece uma oportunidade de manter ou melhorar as propriedades benéficas do composto. Cardoso e Toledo (1984) destacam que, além de aumentar a disponibilidade de nutrientes, misturas utilizando esses subprodutos em proporções

adequadas contribuem para a redução da relação C/N.

A matéria orgânica pode ser considerada fonte de nitrogênio e outros nutrientes, e sua decomposição libera elementos ligados ao carbono tetravalente (C4) encontrado nas substâncias orgânicas (Orlando Filho, 1978). Nesse sentido, a utilização de resíduos orgânicos para fornecer nitrogênio e outros nutrientes às plantas é uma prática milenar que pode trazer benefícios duplos ao aumentar a fertilidade do solo e utilizá-los para limpar a carga de matéria orgânica potencialmente poluente, agregando neste contexto a aplicação desde torta de filtro até terras agrícolas.

4.2 PANORAMA ATUAL DA CANA-DE-AÇÚCAR

Segundo a Conab (2018), a produção de cana-de-açúcar do Brasil na safra 2017/2018 foi de 633,26 milhões de toneladas com área colhida de 8,73 milhões de hectares, que apesar de ser 3,5% inferior à safra 2016/2017, mas, ainda representa uma das colheitas mais importantes do país.

Em geral, o Brasil tem duas colheitas de cana-de-açúcar por ano, na região Nordeste de setembro a abril, e no restante do país de maio a novembro. A área plantada de cana-de-açúcar é uma das maiores da região: segundo IBGE (2018), corresponde a 11,026 milhões de hectares da safra 2017/2018, atrás apenas da soja e do milho, em Alagoas esse valor foi de 28,1 mil hectares (Conab, 2018), o que se consagrou como a principal cultura do estado. As indústrias sucroalcooleiras desempenham um papel importante na indústria agrícola brasileira, pois são responsáveis pelo aumento da renda, do emprego e do potencial agrícola do país. Isto desempenha um papel muito importante porque o etanol tem sido uma das melhores opções para reduzir os gases de efeito estufa. Queimá-lo como combustível reduz em 70% as emissões de dióxido de carbono na atmosfera em comparação à gasolina (Goldemberg, 2007).

A cana-de-açúcar tem sido amplamente utilizada por pequenos e médios agricultores para a produção de cachaça, rapadura e açúcar mascavo, bem como para alimentação de ruminantes e não ruminantes (Oliveira et al., 2007; Borges et al., 2012; Calheiros et al., 2012; Bezerra, 2014).

A região Sudeste é a principal produtora, com 417,47 milhões de toneladas processadas na safra 2017/2018, com área colhida de 5,5 milhões de hectares, sendo os estados de São Paulo e Minas Gerais os maiores produtores. A produção na região Centro-Oeste foi de 133,66 milhões de toneladas, com foco nos estados de Goiás e Mato Grosso. Na região nordeste foi produzidas 41,14 milhões de toneladas e foi possível recuperar a produtividade mesmo em uma área menor em relação à safra 2016/2017, principalmente

culturas de anos anteriores que sofreram com a escassez hídrica que afetou diretamente a produção (Conab, 2018).

A área colhida de cana-de-açúcar em Alagoas foi de 303,8 milhões de hectares, a maior se comparada a outros estados da região. A produção foi de 13,6 milhões de toneladas no ciclo 2017/2018 e se fortaleceu como principal cultura do país. São Paulo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná e Mato Grosso produção 349,2; 70,6; 65; 46,9; 37,4; 16,1 milhões de toneladas (Conab, 2018).

Em termos de importância econômica, 80% do açúcar produzido mundialmente provém da cana-de-açúcar, ultrapassando a beterraba e o milho e o Brasil é um dos maiores exportadores desse alimento. De acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (Fao, 2019), a participação do país em todas as exportações de açúcar será de 48% nos próximos anos. Além disso, o crescente interesse na produção de etanol, que deverá crescer 40% nos próximos 10 anos. É fonte de empregos na maioria das cidades do estado, desde produtores que fornecem cana-de-açúcar às fábricas até aqueles envolvidos direta ou indiretamente na produção de açúcar, etanol e energia de biomassa. Segundo dados de 2018, o principal setor econômico de Alagoas é a cultura, com 16 fábricas operando na safra 2017/2018 (Sindaçúcar, 2019) e contribuindo com 75% da produção industrial e 15% do PIB do estado. Estima-se que mais de 80% dos empregos gerados estejam relacionados à energia sucroenergética (Siqueira, 2017), portanto o cultivo da cana-de-açúcar também inclui aspectos sociais que geram renda e impulsionam a economia da região.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em uma área anexa ao plantio comercial da Usina Santa Clotilde, na fazenda Pau Amarelo, localizada no município de Rio Largo-AL, distante em torno de 25 km da Capital, Maceió-AL, compreendida pela seguinte posição geográfica: 9°27'50.9"S de Latitude Sul, 35°49'41.6"W de Longitude e 127m de Altitude. Foi feita a amostragem do solo, com coletas das amostras nas profundidades de 0-20 cm e 20-40 cm, para ser encaminhada ao laboratório para as análises de fertilidade, os resultados das análises do solo estão inseridos na tabela 2 – Análise e solos.

Tabela 2 – Análise e solos



CENTRO DE ANÁLISES E PESQUISAS AGROPECUÁRIAS
 Fones: (82) 3274-6464 - 3216-5900 - 99167-8158 - 99951-0989
 Cooperativa de Colonização Agropecuária e Industrial LTDA - PINDORAMA
 CEP: 57.230-000 - Av. Camaçari S/Nº - Coruripe - AL



UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS

ANÁLISES DE SOLOS

PROPRIETÁRIO: CECA / UFAL
 IMÓVEL: PAU AMARELO
 MUNICÍPIO: Coruripe - AL
 REFERÊNCIA: CECA-PA

CULTURA: Cana de Açúcar
 MANEJO: Fundação

Atividade:	Coletar	Analisar	Entregar
Participa:	Kevin	CAS	Luciano
DATAS:	18-jan-24	23-jan-24	2-fev-24

Atributos	Unidades	1	2
pH	H ₂ O(1:2,50)	5,70	5,55
P	mg/kg	6,22	5,04
P	O solo tem: kg (P/ha)	12,45	10,08
P	A planta quer: kg (P/ha)	9,64	9,64
K ⁺	mg kg ⁻¹	28,00	17,50
K ⁺	O solo tem: kg (K/ha)	56,00	35,00
K ⁺	A planta quer: kg (K/ha)	91,19	91,19
Na ⁺	mg kg ⁻¹	11,00	7,00
Na ⁺	O solo tem: kg (Na/ha)	22,00	14,00
Ca + Mg	Cmol _c kg ⁻¹	2,45	1,30
Ca ⁺⁺	Cmol _c kg ⁻¹	1,80	1,25
Ca ⁺⁺	O solo tem: kg (Ca ⁺⁺ /ha)	721,44	501,00
Ca ⁺⁺	A planta quer: kg (Ca ⁺⁺ /ha)	82,99	82,99
Mg ⁺⁺	Cmol _c kg ⁻¹	0,65	0,05
Mg ⁺⁺	O solo tem: kg (Mg ⁺⁺ /ha)	156,03	12,10
Mg ⁺⁺	A planta quer: kg (Mg ⁺⁺ /ha)	39,40	39,40
Al ⁺⁺⁺	Cmol _c kg ⁻¹	0,05	0,05
Al ⁺⁺⁺	O solo tem: kg (Al ⁺⁺⁺ /ha)	8,99	8,99
H ⁺ + Al ⁺⁺⁺	Cmol _c kg ⁻¹	2,80	1,98
S	Cmol _c kg ⁻¹	2,57	1,38
T	Cmol _c kg ⁻¹	5,37	3,35
V	%	47,85	41,03

INFORMAÇÕES:

1 Amostra 1. Área experimental. 00-20cm.
 2 Amostra 2. Área experimental. 20-40cm.

1 Amostra 1. Área experimental. 00-20cm.
 2 Amostra 2. Área experimental. 20-40cm.

* Bom
 * Médio
 * Ruim

SUGESTÃO DE ADUBAÇÃO

N	P ₂ O ₅	K ₂ O
40	154	120
5	21	16

Colocar, em FUNDAÇÃO:

Ou: **750** kg / área da fórmula

Calagem: **3,00** t / ha de calcário

Calagem: Aplicar 50% antes de gradear e 50% depois.

Tipo de adubação: Fundação

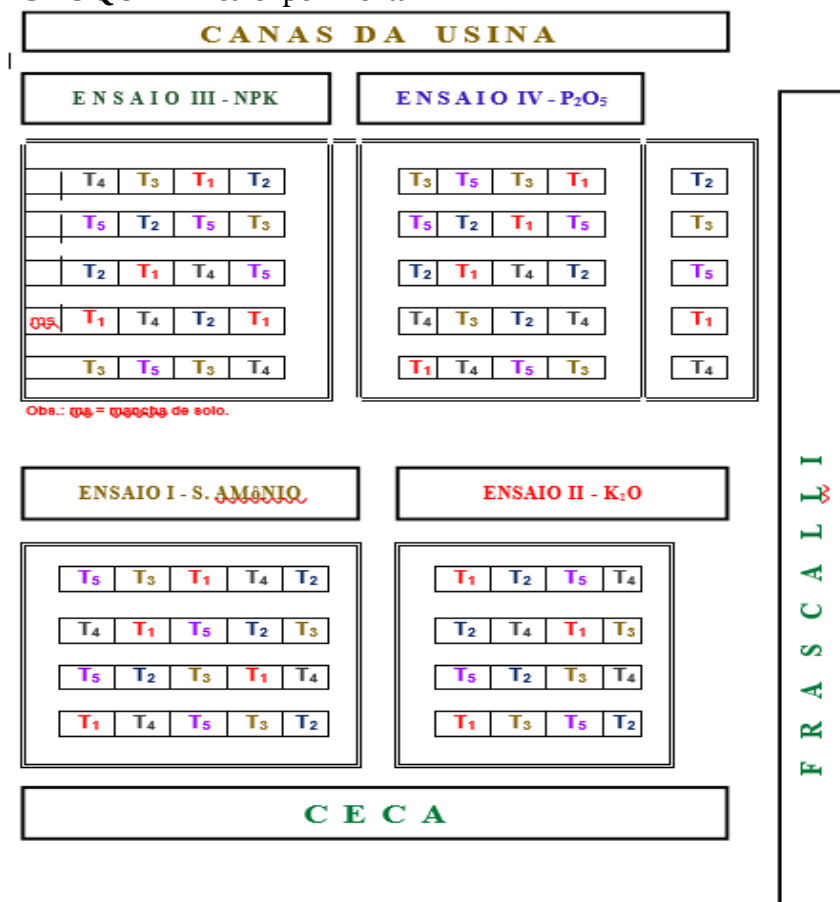
ADUBOS	PESOS
Fundação S. Amônio	200 kg/ha
Fundação S. Triplo	350 kg/ha
Fundação C. Potássio	200 kg/ha

Coruripe-AL, sexta-feira, 16 de fevereiro de 2024

Eng. Agrº Cicero Alexandre Silva
 Doutor: Biotecnologia e Química
 Consultor

Eng. Agriª Luciano Barbosa de Oliveira
 CREA: 496-TPAL
 Coordenador

CROQUI – Área experimental



Fonte: Autor, 2023

O preparo do solo foi através de gradagem e sulcamento de acordo com as normas da usina, adotando-se espaçamento duplo de 0,90cm por 1,20m, para adaptar a colheita mecanizada. A variedade de estudo foi a RB867515 e a colheita foi aos 12 meses (considerada como precoce) sem queima e colheita manual.

A distribuição adotada para os tratamentos foi em blocos ao acaso, com cinco tratamentos e quatro repetições, com cada parcela constando de 04 sulcos, com 4,2m de largura e 10m de comprimento com área total de 42m².

Foram selecionados cinco doses de pó-de-rocha aplicada no fundo dos sulcos, juntamente com a dose padrão de (200 kg/ha) cloreto de potássio sob os rebolos da cana. Cada parcela de 42m² de área total recebeu em cada sulco, 50 rebolos de cana com 3 gemas viáveis cada um, totalizando 200 rebolos de cana para toda a parcela. Utilizou-se apenas os dois sulcos do centro da parcela.

Tabela 3 – Custo orçamentário de implantação do trabalho

T R A T A M E N T O S			DOSES DE INSUMOS		
T ₁ =	0	kg /ha de	PÓ-ROCHA+ C.Potássio e T.Filtro	0	kg /ha de S.triplo
T ₂ =	5.000	kg /ha de	PÓ-ROCHA+ C.Potássio e T.Filtro	200	kg /ha de C.Potássio
T ₃ =	10.000	kg /ha de	PÓ-ROCHA+ C.Potássio e T.Filtro	32.648	kg /ha de T.de Filtro
T ₄ =	20.000	kg /ha de	PÓ-ROCHA+ C.Potássio e T.Filtro	PREÇOS DE INSUMOS	
T ₅ =	40.000	kg /ha de	PÓ-ROCHA+ C.Potássio e T.Filtro	2.200	R\$/ t de S.triplo
				2.000	R\$/ t de C.Potássio
				50	R\$/ t de T.de Filtro
FONTES: PÓ-ROCHA+ C.Potássio e T.Filtro					
Nº TRATAMENTOS:	5		Área da PARCELA =	40	m²
Nº REPETIÇÕES:	4		Área do BLOCO =	200	m²
Tamanho do SULCO:	10	m	Largura do ENSAIO =	20	m
Largura da RUA:	2	m	Comprimento do ENSAIO =	62	m
Espaçamento:	1	m	Área útil do ENSAIO =	800	m²
Parcela:	4	Sulcos	Área total do ENSAIO =	1.040	m²
Pó-Rocha (T ₂):	5.000	kg/ha-M.Seca	Dose de Pó-Rocha (T ₂) =	5.308	k/ha.-M.U.
Aplicar T. de Filtro:	10.000	kg/ha-M.Seca	Dose de T. de Filtro =	32.648	kg/ha.-M.U.
Umid. do Pó-Rocha:	5,80	%	Nº de SULCOS =	80	m
Umid. da T. Filtro:	69,37	%	Nº de REBOLOS =	4.000	

T ₁ PÓ-ROCHA 0 kg / ha.		CUSTO PÓ-ROCHA = 0,00 R\$/ Trat.		R\$/ trat.
CUSTO TODOS = 32,52 R\$ / Trat.		CUSTO TODOS = 2.032,4 R\$ /ha.		
Cada SULCO =	0,00 kg/Sulco de PÓ-ROCHA+	0,00 Kg/Sulco de S.triplo	0,00	0,00
Cada PARCELA =	131 kg/Parc. de TODOS	0,20 kg/Sulco de C.Potássio	0,20	6,40
EXPERIMENTO =	526 kg / Ensaio	32,65 kg/Sulco de T.de Filtro	32,65	26,12
T ₂ PÓ-ROCHA 5.000 kg / ha.		CUSTO PÓ-ROCHA = 4,25 R\$/ Trat.		
CUSTO TODOS = 36,76 R\$ / Trat.		CUSTO TODOS = 2.282,4 R\$ /ha.		
ada SULCO =	5,31 kg/Sulco de PÓ-ROCHA+	0,00 Kg/Sulco de S.triplo	0,00	
Cada PARCELA =	153 kg/Parc. de TODOS	0,20 kg/Sulco de C.Potássio	0,20	
EXPERIMENTO =	610 kg / Ensaio	32,65 kg/Sulco de T.de Filtro	32,65	
T ₃ PÓ-ROCHA 10.000 kg / ha.		CUSTO PÓ-ROCHA = 8,49 R\$/ Trat.		
CUSTO TODOS = 41,01 R\$ / Trat.		CUSTO TODOS = 2.532,4 R\$ /ha.		
Cada SULCO =	10,62 kg/Sulco de PÓ-ROCHA+	0,00 Kg/Sulco de S.triplo	0,00	
Cada PARCELA =	174 kg/Parc. de TODOS	0,20 kg/Sulco de C.Potássio	0,20	
EXPERIMENTO =	695 kg / Ensaio	32,65 kg/Sulco de T.de Filtro	32,65	
T ₄ PÓ-ROCHA 20.000 kg / ha.		CUSTO PÓ-ROCHA = 16,99 R\$/ Trat.		
CUSTO TODOS = 49,50 R\$ / Trat.		CUSTO TODOS = 3.032,4 R\$ /ha.		
Cada SULCO =	21,23 kg/Sulco de PÓ-ROCHA+	0,00 Kg/Sulco de S.triplo	0,00	
Cada PARCELA =	216 kg/Parc. de TODOS	0,20 kg/Sulco de C.Potássio	0,20	
EXPERIMENTO =	865 kg / Ensaio	32,65 kg/Sulco de T.de Filtro	32,65	
T ₅ PÓ-ROCHA 40.000 kg / ha.		CUSTO PÓ-ROCHA = 33,97 R\$/ Trat.		
CUSTO TODOS = 66,49 R\$ / Trat.		CUSTO TODOS = 4.032,4 R\$ /ha.		
Cada SULCO =	42,46 kg/Sulco de PÓ-ROCHA+	0,00 Kg/Sulco de S.triplo	0,00	
Cada PARCELA =	301 kg/Parc. de TODOS	0,20 kg/Sulco de C.Potássio	0,20	
EXPERIMENTO =	1.205 kg / Ensaio	32,65 kg/Sulco de T.de Filtro	32,65	

Todo ENSAIO =	1.274	kg total de PÓ-ROCHA	CUSTO =	63,69	R\$
Todo ENSAIO =	0	kg total de S.triplo	CUSTO =	0,00	R\$
Todo ENSAIO =	16	kg total de C.Potáss	CUSTO =	32,00	R\$
Todo ENSAIO =	2.612	kg total de T.de Filtro	CUSTO =	130,59	R\$
Todo ENSAIO =	3.902	kg/Ensaio	PÓ-ROCHA+ C.Potássio e T.Filtro		
CUSTO (PP+MAP+C+TF) =	226,3	R\$/Ensaio	PÓ-ROCHA+ C.Potássio e T.Filtro		

Fonte: Autor, 2023

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 CANA PLANTA

Os dados das produções agrícolas dos tratamentos estão mostrados na tabela 4, onde se pode observar pequenas diferenças entre os tratamentos

Tabela 4 – Produção agrícola (t/ha) dos diferentes tratamentos de pó-de-pedra na cultura da cana-de-açúcar.

Tratamentos	B L O C O S					TOTAL	CV%
	I	II	III	IV	V		Blocos
A - 0 t/há - Pó de PEDRA	65,00	64,75	59,50	51,50		240,75	10,50
B - 5 t/há - Pó de PEDRA	71,50	76,00	68,50	61,50		277,50	8,78
C - 10 t/há - Pó de PEDRA	77,00	78,00	83,00	78,50		316,50	3,36
D - 20 t/há - Pó de PEDRA	83,50	74,00	72,00	77,25		306,75	6,56
E - 40 t/há - Pó de PEDRA	80,50	87,00	80,50	88,00		336,00	4,84
TOTAL	377,5	379,8	363,5	356,8		1.477,5	12,58
CV % Tratamentos	9,77	10,52	13,04	20,48		53,81	3,00

Máximo 88,00

Amplitude 36,50

Mínimo 51,50

Variância 92,63

Fonte: Autor, 2023

Quando avaliados pelo teste F aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, conforme mostra o conglomerado de tabelas a análise de variância, logo abaixo.

Tabela 5 – Análise de variância aplicada aos tratamentos de pó-de-pedra na cultura da cana-planta

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	Significativo	
					5%	1%
Blocos	3	73,51	24,50	0,97	S	S
Tratamentos	4	1.382,34	345,59	13,63	S	S
Residio	12	304,21	25,35			
TOTAL	19	1.760,06				

Médias dos tratamentos

A	60,19	t/há
B	69,38	t/há
C	79,13	t/há
D	76,69	t/há
E	84,00	t/há
MÉDIA_{máxima}	84,00	t/há
MÉDIA_{mínima}	60,19	t/há

INTERVALOS DE CONFIANÇA				% ENTRE AS MÉDIAS	
Ao nível de 10%		Ao nível de 1%		A.v.B	B.v.D
53,30	67,08	50,51	69,86	-23,9%	-17,4%
62,74	76,01	60,06	78,69	-21,5%	3,2%
76,23	82,02	75,06	83,19	-28,3%	-5,8%
71,20	82,17	68,99	84,38	-12,3%	-8,7%
79,57	88,43	77,79	90,21		

As médias, todas com um erro padrão de 2,52 DMS_(5%) 11,35 e DMS_(1%) 14,70

Erro padrão da média 4,69

Confrontos das médias pelo método de Tukey

		A	B	C	D
Significativo a 5%		m _A	m _B	m _C	m _D
B	m _B	Igual			
C	m _C	Difere	Igual		
D	m _D	Difere	Igual	Igual	
E	m _E	Difere	Difere	Igual	Igual

		A	B	C	D
Significativo a 1%		m _A	m _B	m _C	m _D
B	m _B	Igual			
C	m _C	Difere	Igual		
D	m _D	Difere	Igual	Igual	
E	m _E	Difere	Igual	Igual	Igual

q(5%)	q(1%)	t ₀ (5%)	t ₀ (1%)
4,51	5,84	2,18	3,06

P/ n P/ n' Tab. 10 (5%) P. Gomes
 5 12 Tab. 11 (1%) P. Gomes

	P/ F (5%)	P/ F (1%)	P/ n ₁	P/ n ₂
P/ Blocos	0,070	0,023	3	12
P/ Tratamentos	0,114	0,048	4	12
			GL	GL Resíduo

Fonte: Autor, 2023

Houve diferença significativa para os dois níveis de avaliação, tanto para blocos como para tratamentos.

Fazendo-se a comparação percentual entre as médias, observou-se que a testemunha foi inferior a todos os tratamentos: B, C, D e E, respectivamente em valores de -13,20%, -23,90%, -21,50% e -28,50%. Quando foi comparado o tratamento B, com os demais, C, D, e E, este apresentou inferioridades de: -12,30%, -9,50% e -17,50%, respectivamente, enquanto para a comparação do tratamento C, com os demais, D e E, observou-se que aquele (tratamento C) foi superior em 3,20% em relação ao tratamento D, no entanto, foi inferior ao tratamento E, em valor de -5,80%. Finalizando-se então, o tratamento D foi inferior em -8,70% ao ultimo tratamento E.

Aplicando-se o teste de Tuckey aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, vê-se pelos resultados que para o primeiro nível de probabilidade, houve igualdade entre os tratamentos, para os confrontos das médias entre: tratamentos A com tratamento B, B com C e D, C com D e D com tratamento E. Enquanto ao se fazer as comparações ao nível de 1% de probabilidade, apenas o tratamento A foi diferente dos tratamentos C, D e E.

Em segunda tabela 6, 7 e 8 mostra as interações entre os tratamentos sobre as causas da variação.

Tabela 6 – Interação entre os tratamentos sobre as causas da variação A.vs.B.vs.C.vs.D.vs.E.

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	Significativo	
					5%	1%
A.vs.B	1	168,82	168,82	6,66	S	S
A.vs.C	1	717,26	717,26	28,29	S	S
A.vs.D	1	544,50	544,50	21,48	S	S
A.vs.E	1	1.134,07	1.134,07	44,74	S	S
Tratamentos	4	1.382,34	345,59			
Blocos	3	73,51	24,50			
Resíduo	12	304,21	25,35			

Fonte: Autor, 2023

Tabela 7 – Interação entre os tratamentos sobre as causas da variação B.vs.C.vs.D.vs.E.

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	Significativo	
					5%	1%
B.vs. C	1	190,13	190,13	7,50	S	S
B.vs. D	1	106,95	106,95	4,22	S	S
B.vs. E	1	427,78	427,78	16,87	S	S
C.vs. D	1	11,88	11,88	0,47	S	S
Tratamentos	4	1.382,34	345,59			
Blocos	3	73,51	24,50			
Resíduo	12	304,21	25,35			

Fonte: Autor, 2023

Tabela 8 – Interação entre os tratamentos sobre as causas da variação C.vs.D.vs.E

Causas da Variação	GL	SQ	QM	F	Significativo	
					5%	1%
C.vs. E	1	47,53	47,53	1,87	S	S
D.vs. E	1	106,95	106,95	4,22	S	S
Tratamentos	2	1.382,34	345,59			
Blocos	3	73,51	24,50			
Resíduo	12	304,21	25,35			

Fonte: Autor, 2023

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados das produções da cana-planta submetida a cinco tratamentos com pó de pedra, chegou-se as seguintes conclusões:

- A cultura da cana de açúcar apresentou **elevação da produção agrícola** quando recebeu doses crescentes de pó-de-rocha superior a 5 t/ha;
- A medida que **aumentava a dosagem de pó-de-rocha** observava-se aumentos crescentes na produção agrícola de cana-de-açúcar;
- Como a dosagem de **cloreto de potássio e torta de filtro** era igual para todos os tratamentos, inclusive a testemunha, atribui-se a escalada crescente de produção agrícola da cana- de-açúcar, a aplicação do pó-de-rocha no sulco de plantio de cana-de-açúcar;
- Como o pó-de-rocha utilizado no presente trabalho foi um material de granulometria formada por partículas grandes, contendo tamanho maior que **10 mesh**, acredita-se que maiores respostas seriam observado para partículas com valores de mesh menores, isto é, **quanto menor o valor da abertura (mesh), maior será a tendência de aumento da produção da cultura.**

Os resultados de produção dos respectivos cultivos e tratamentos permitem afirmar que o pó de rocha tem efeito como fonte de nutrientes para a cultura da cana-de-açúcar, assim, o pó de rocha pode ser considerado um condicionador de solo uma vez que pode potencializar o efeito da fonte convencional de nutriente. Com isso, a produção da cana demonstra que o pó de rocha tem efeito residual considerável sobre o cultivo da cana-de-açúcar.

Por fim, pode-se afirmar seguramente que o pó de rocha representa uma importante fonte alternativa de nutrientes para o cultivo da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- AFIF, E et al. **Organic matter delays but doesnot prevent phosphate sorption by cerradosoils from Brazil**. Soil Science, v.159, p.207-211, 1995.
- AGROTECHNICO. Última palavra em variedade de Cana-de-açúcar, a RB 041443 será acompanhada por nossa equipe. **Agrotechnico**, [s. l.], 22 jul. 2021.
- ALCARDE, J.C. Corretivo de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. **SãoPaulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas**, 1992, p. 26.(Boletim Técnico, 6).
- ANDRADE, F. V et al. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolo e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,v.27,p.1003-1011, 2003.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS – ANDA. **Pesquisa setorial:** Macro indicadores. 2022. Disponível em: <http://anda.org.br/wp-content/uploads/2022/07/Principais_Indicadores__2020.pdf>.
- BARBOSA, M.H.P et al. **Acúmulo e alocação de nutrientes pela RB72454 no ciclo da cana-planta**. In. CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇÚCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., Recife, 2002. **Anais:** Recife: STAB,2002. p. 264-267.
- BERNARDES, L et al. Variedades de cana-de-açúcar em cultivo de cana planta e cana soca visando o fornecimento de forragem. **Ciências Rurais em Foco**. Volume 7, p. 50, 2022.
- BEZERRA, J. D. C. **Competição de variedades de cana-de-açúcar para forragem no agreste de Pernambuco**. 2014. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Pastagens).Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, 2014.
- BITTENCOURT, V. C.; PAIXÃO, A. C. S.; CESARIN, L. G.; SOUZA, S. R. Cana conquista o Mato Grosso do Sul. **IDEA News**, Ribeirão Preto, n. 63 jan. 2006. Disponível em: <<http://www.ideaonline.com.br/>>.
- BITTENCOURT, V.C.; ORLANDO FILHO, J; ZAMBELLO JÚNIOR, E. Determination of available P for sugarcane in tropical soil by extraction with H2SO4 0,5N.In CONGRESS OF THE INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS – 16, 1977 São Paulo, **Proceedings**.. Sao Paulo: Inpress., 1978. v. 2, p.1175- 1186.
- BORGES, A. L. C. C. et al. Cana-de-açúcar na alimentação de bovinos leiteiros. **Revista Veterinária & Zootecnia**, v 1, n 114, p. 36, 05 set. 2012.
- BRADY. N.C. **Natureza e Propriedade dos solos**. 7ed. New York: John Willey, 1989. 898p.
- BRASIL. **Lei Nº. 12.890** - Altera a Lei n. 6.894 para incluir os remineralizadores como uma categoria de insumo destinado à agricultura. Brasília, DF: Diário Oficial da União – Palácio doPlanalto. 2013. Disponível em:

<https://presrepublica.jusbrasil.com.br/legislacao/112213899/lei-12890-13>.

BRASIL. **Instrução Normativa 5** - Regras sobre definições, classificação, especificações e garantias, tolerâncias, registro, embalagem, rotulagem e propaganda dos remineralizadores e substratos para plantas, destinados à agricultura. Brasília, DF: Diário Oficial. 2016.

BRUNINI, O. Ambiente climático e exploração agrícola da cana-de-açúcar. In: DINARDO- MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2008. p. 205- 218.

BUSO, Pedro Henrique de Medeiros. **Estudo do sistema radical de cana-de-açúcar no plantio em gema e tolete**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

CALHEIROS, A. S et al. Acúmulo de nutrientes e produção de sacarose de duas variedades de cana-de-açúcar na primeira rebrota, em função das doses de fósforo. **STAB**, Piracicaba, v.29, n. 3, p. 34 – 37, jan. / fev. 2011.

CALHEIROS, A. S et al. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, n. 2, p. 809-818, abr. 2012.

CANÇADO, G. D. A et al. Utilização de inoculante líquido solubilizador de fosfato formulado a base dos isolados de *Bacillus megaterium* (b119) e *Bacillus subtilis* (b2084) no plantio da cana-de-açúcar. Campinas: **Embrapa Agricultura Digital**, 2021.

CARDOSO, C. O. N.; TOLEDO, A. C. D. Compostagem de sub-produtos industriais: torta de filtro e vinhaça. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 2., 1984, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 1984. p.205-214.

CARVALHO, A.M.X. **Rochagem e suas interações no ambiente solo**: contribuições para aplicação em agroecossistemas sob manejo agroecológico. Viçosa, 2012. 129 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa.

CASTRO, G.S.A et al. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 12, p. 1690–1698, 2011.

CERRI, C. C et al. Resíduos orgânicos da agroindústria canavieira: 1. características físicas e químicas. **STAB: açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.6, n.1, p.34-37, 1988.

COLETI, J. T et al. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em Argissolos, variedades RB83486 e SP81-3250. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 24:32-36, 2006.

COSAN. **Mercado**: o Brasil no mercado mundial. Piracicaba, 2006. Disponível em: http://www.cosan.com.br/mercado_brasil.aspx.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar. V. 4 - **SAFRA 2017/18 N. 2: segundo levantamento**. Brasília: CONAB, 2018. p. 1-72. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_08_24_08_59_54_boleti

m_cana_portugues_-_2o_lev_-_17-18.pdf>.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Quarto levantamento. Brasília: v.10 – safra 2022/23, nº4, p. 1-49, abril de 2023.

DALMORA, A.C et al. **Journal of Cleaner Production** 256 (2020) 120432.

DANIELS, J.; ROACH, B. T. Taxonomy and evolution. In: HINZ, D. J. (Ed.) **Surgacane improvement through breeding**. Amsterdam: Elsevier, 1987. 84p.

DEMATTE, J.L.I. **Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos**. KP Piracicaba: **POTAFOS** – (Encarte técnico. Informações Agrônômica, Piracicaba, 2005 2ªp, h111)

DEMATTE, J. L. L.; DEMATTE, J. A. M. Ambientes de produção como estratégia de manejo na cultura da cana-de-açúcar. **Informações Agrônômicas**, v. 127, 2009.

DIOLLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. (Ed.).

Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool – tecnologia e perspectivas. Viçosa: Suprema, p. 25 – 49, 2010.

DUARTE, G. R. B. **Ciclo da Cana de Açúcar. Melhores dicas para produtividade**. CHBAGRO. 2020a. Disponível em: <<https://blog.chbagro.com.br/ciclo-da-cana-de-acucar-melhores-dicas-para-productividade>>.

DUARTE, G. R. B. **Nutrição e Adubação da Cana-de-Açúcar**. CHBAGRO. 2020b. Disponível em: <<https://blog.chbagro.com.br/nutricao-e-adubacao-da-cana-de-acucar>>.

DUARTE JÚNIOR, J. B.; COELHO, F. C. **Adubos Verdes e seus efeitos no rendimento da cana-de-açúcar em sistemas de plantio direto**. Bragantia, Campinas, v. 67, n. 3, p.723-732.2008.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Faostat**. 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data>.

FAO - Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Perspectivas Agrícolas OCDE-FAO. 2019**. Disponível em: < <http://www.fao.org/brasil/noticias/detail-events/en/c/992186/>>.

FIXEN, P. E.; JOHNSTON, A. M. World fertilizer nutrient reserves: a view to the future. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 92: 1001-1005, 2012.

FRANCO, H. C. J. et al. **Acúmulo de macronutrientes em cana-de-açúcar em função da adubação nitrogenada e dos resíduos culturais incorporados ao solo no plantio**. Bragantia. São Paulo, v. 66, p. 669-674, 2007.

FOLEY, A. F. et al. **Global Consequences of Land Use**. Science, 309: 570-575, 2005.

GILLMAN G. P. **The effect of crushed basalt scoria on the cation ex- change properties of a highly weathered soil**. Soil Science Society of America Journal, 44: 465-468, 1980.

GRILLI, M. **Cana-de-açúcar: produção 2022/2023 cresce 5,4%, aponta Conab.** 2023. Disponível em: <<https://exame.com/agro/cana-de-acucar-producao-22-23-cresce-54-aponta-conab/>>.

GOLDEMBERG, J. Ethanol for a sustainable energy future. **Science**, v. 315, n. 5813, p. 808-810, 2007.

HARLEY, A. D.; GILKES, R. J. **Factors influencing the release of plant nutrients from silicate rock powders: a geochemical overview.** Nutrient Cycling in Agroecosystems, 56,11-36. 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA– IBGE.

Levantamento

sistemático da produção agrícola. 2018.

Disponível em: <

https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201105_4.shtm>

KAVALERIDZE, W. C. **Nossos solos: formação, vida dinâmica, tratamento e conservação.** 2. ed. Curitiba, 1978. 168 p.

KIEHL, E.J. **Fertilizantes orgânicos.** Piracicaba: Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KOVAR, J. L.; BARBER, S. A. Reasons for differences among soils in placement of phosphorus for maximum predicted uptake. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.53, p.1733-1736, 1989.

LAL, S.; TABACCHIONI, S. **Ecology and biotechnological potential of Paenibacillus polymyxa: a minireview.** Indian Journal Microbiology, 49, p. 2–10, 2009.

LEITE, G. M. V et al. **Efeitos de fontes e doses de silicato de cálcio no rendimento agrícola e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar,** cultivar SP80- 1816. Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1120-1125, 2008.

LEITE, L.F.C et al. Estoques totais de carbono orgânico e seus compartimentos em argissolos sob floresta e sob milho cultivado com adubação mineral e orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Universidade Federal de Viçosa, MG, v.27, n.5, p.821-832, set./out., 2003.

LEONARDOS, O.H. et al. **The use of ground rocks in laterite systems – an improvement to the use of conventional soluble fertilizers.** Chemical Geology, v.60, p. 361–370, 1987.

LIAN, B et al. **Microbial release of potassium from K-bearing minerals by thermophilic fungus Aspergillus fumigatus.** Geochimica et Cosmochimica Acta, v. 72, p. 87-98, 2008.

LOPES-ASSAD, M. L et al. **Solubilização de pó-de-rocha por Aspergillus niger,** Espaço & Geografia, v. 9, n.1, p. 1- 17, 2006.

LOPES, A. S.; GUILHERME L. R. G. **Fertilidade do solo e produtividade agrícola.** In: NOVAIS, F.R. et al. Fertilidade do solo. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 1 – 64, 2007.

MASCARENHAS, H. A. A et al. Leguminosas adubos verdes em áreas de renovação de

canavial no Estado de São Paulo. **Informações Agronômicas**, n. 124, dezembro. 2008.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251 p.

MALAVOLTA, E et al. **Avaliação do estado nutricional das plantas**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.

MANHÃES, C. M. C et al. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Revista Vértices**, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015.

MARTINS, E. S et al. **Materiais silicáticos como fontes regionais de nutrientes e condicionadores de solos**. In: FERNANDES, F. R.; LUZ, A. B.; CASTILHOS, Z. C. (Eds). **Agrominerais para o Brasil**. Rio de Janeiro: CETEM/MCT, 2010. 380p.

MARAFON, A. C. **Análise quantitativa de crescimento em cana-de-açúcar: uma introdução ao procedimento prático**. Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, 2012.

MARIN, F. R. **Fenologia - Portal Embrapa**. 2022b. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/cultivos/cana/pre-producao/caracteristicas/fenologia>>. Acesso em: 22 mai. 2023.

MATICHENKOV, V. V.; SNYDER, G. H. **The mobile silicon compounds in some South Florida soils**. Eurasian Soil Science, v.12, p.1165-1173, 1996.

MATSUOKA, S et al. Hibridação em cana-de-açúcar. In: BORÉM, A. (Ed.). **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa:MG, 1999.p.221-254.

MOSAIC, R. **Benefício do uso do adubo para cana-de-açúcar- Nutrição de Safras**. 2022a. Disponível em: <<https://nutricaoadesafras.com.br/adubo-para-cana-de-acucar/>>.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, DPS, p. 399, 1999.

NUNES JÚNIOR, D. A redução da adubação e a produtividade. **STAB**, Piracicaba, v.17, n.3, p. 16, 1999.

OLIVEIRA, F. C et al. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, MG v.26, p.505-519, 2002.

OLIVEIRA, A. P. D et al. Produção de rizóforos comerciais de inhame em função de doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, v. 25, p. 73-76, 2007.

OLIVEIRA, M. W et al. Mineral nutrition and fertilization of sugarcane. **Sugarcane. Technology and Research**, v. 1, p. 169-191, 2018.

OLIVEIRA, R. A.; BARBOSA, G. V. S.; DAROS, E. **50 anos de Variedades RB de Cana-de-Açúcar: 30 anos de RIDESA**. UFPR, RIDESA: Curitiba, Brazil, p. 30-52, 2021.

OLIVEIRA, T.B.A et al. Sustentabilidade da produção de cana-de-açúcar: um estudo de caso em uma propriedade agrícola. **XII Congresso Internacional de Custos**. Punta del

Este. Uruguay. 2011b. CD Room.

ORLANDO FILHO, J. **Absorção dos macronutrientes pela cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), variedade CB41-76 em três grandes grupos de solos do Estado de São Paulo.** Piracicaba:ESALQ/USP, 1978. 154p. Tese Doutorado.

ORLANDO, J.F.; SILVA, G.M.A.; LEME, E.J.A. Utilização agrícola dos resíduos da Agroindústria Canavieira. Nutrição e Adubação da Cana-de-açúcar no Brasil. **Coleção Planalsucar 2**. Piracicaba. 1983. (Coleção Planalsucar, 1).

PADILHA, F. A. **Desempenho de híbridos de milho em dois níveis de investimento tecnológico na região de Sete Lagoas – MG.** 2014. 72 f. Dissertação (Mestrado em 2014) Universidade Federal de São João del Rey. São João del Rey. 2014.

PEDROZO, C. Â et al. Eficiência de índices de seleção utilizando a metodologia REML/BLUP nomelhoramento da cana-de-açúcar. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.10, n.1, p.031-036, 2009.

PERIN, E et al. **Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul.** 2003.

PINTO, L. F. G. **Avaliação do cultivo da cana-de-açúcar em sistemas agroflorestais em Piracicaba.** 2002,116f Tese (Doutorado em Agronomia - Fitotecnia), Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” ,Piracicaba-SP 2002.

POLO, A et al. Resíduos orgânicos da agroindústria canavieira: 2. Decomposição biológicasob condições controladas. **STAB – açúcar, álcool e subprodutos**, Piracicaba, v.6, n.4/5, p.53-56, mar./jun. 1988.

PRADO, H. Ambientes de produção de cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil. **Informações agrônômicas**, v: 110, p.12-17, 2005.

RAIJ, B. VAN. (Ed.) Cana-de-açúcar. In: **Recomendações de adubação e calagem para oEstado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p.237-239 (Boletim Técnico, 100).

RAIJ, B. Fertilidade do solo e manejo de nutrientes. **Piracicaba: International Plant NutritionInstitute**, p. 420, 2011.

RAMOS, C. G et al. 2014. **A preliminary study of volcanic rocks for stonemeal application.** ENMM 1–2, 30–35.

RESENDE, M.D.V et al. de 2002. **Genética Biométrica e estatística no melhoramentodeplantas perene.** Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 975p.

RIBEIRO, A.C et al. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado deMinas Gerais, 1999. 359p.

RODRIGUES, J.D. **Fisiologia da Cana-de-açúcar.** 1995. Disponível em: <<http://pt.scribd.com/doc/6301126/Cana-de-açúcardeacucar-Ecofisiologia>>.

ROSA, M.M. et al. **WORKSHOP DE GRUPO DE PESQUISA**, 3., 2005, São Carlos.

SANDRE, L. C. G.; FIORELLI, J. Elaboração de calendário agrícola para a região oeste do Estado de São Paulo. **Revista Ciência em Extensão**, São Paulo, v.5, n.2, p.15-29, 2009.

SANTOS, D. R et al. **Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto**. *Ciência Rural*, v.38, p.576-586, 2008.

SANTOS, F et al. By-products of the sugarcane industry. In: **Sugarcane biorefinery, technology and perspectives**. Academic Press, 2020. p. 21-48.

SANTOS, V. R et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.13, n.4, p.389-396, 2009.

SCHROO, H. The efficient use of phosphate fertilizers on acid phosphate fixing sugarcane soils. **Soc. Sug. Cane Technol.** Part 1, India, p.497-503, 1956.

SEGATO, S. V et al. **Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V.; Pinto, A. S.; Jendiroba, E. Nóbrega, J. C. M. (org.) *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.

SLEIGHT, D. M et al. Effect of fertilizer of phosphorus. placement on the availability of phosphorus. **Soil. Sci. Soc. Am. J.**, v. 48, p.336-340, 1984.

SILVA FILHO, G. N.; VIDOR, C. **Atividade de microrganismos solubilizadores de fosfatos na presença de nitrogênio, ferro, cálcio e potássio**. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 36, n. 12, p. 1495-1508, 2001.

SILVA, V. S. G et al. Nutritional diagnosis of sugarcane varieties in a Yellow Oxisol during three agricultural seasons. **Afr. J. Agric. Res.**, p. 50 – 57, 2017.

SILVA, V. S. G et al. **Estado nutricional, qualidade industrial e produtividade de variedades de cana-de-açúcar nos ciclos de cana-planta, primeira e segunda rebrotas**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2013.

SILVA, F.C et al. Qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima. p. 288-359. In: SILVA, F. C.; ALVES, B. J. R.; FREITAS, P. L. **Sistemas de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos**. 1. ed. Brasília: Embrapa. 586p, 2015.

SILVA, Livia Maria Cavalcante. **Avaliação morfológica da cana-de-açúcar (cana-soca) sob condições de estresse salino**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife, 2019.

SILVA, J. P. N. D.; SILVA, M. R. N. D. **Noções da cultura da cana-de-açúcar**. 2016.

SIMÕES NETO, Djalma Euzébio. **CENSO VARIETAL SAFRA 2022/2023 E RESULTADOS DE VARIEDADES E CLONES PROMISSORES**. 2023.

SRIDEVI, M.; MALLAIAH, K. V. **Phosphate solubilization by Rhizobium strains**.

IndianJournal of Microbiology, v. 49, p. 98–102, 2009.

SOBRINHO, O. P. L et al. A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e o manejo da irrigação. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 4, p. 1605-1625, 2019.

SOUZA, Pedro Henrique Neves de. **Estudo genealógico e variáveis biométricas, bioquímicas e agroindustriais de genótipos de cana-de-açúcar sob diferentes condições hídricas**. 2019. Tese (Doutorado em Melhoramento Genético de Plantas) - Programa de Pós-Graduação em Agronomia-Melhoramento Genético de Plantas, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

SOUZA, D.M.G. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, F.R. et al. **Fertilidade do solo**.

Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 205 – 274, 2007.

SOUZA, J.A. Manejo da fertilidade do solo para a cultura do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte. v. 27, n. 233 p. 26-40, jul./ago 2006.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5 ed. Editora Artmed. 2016.

TEIXEIRA, S. R et al. **Sugarcane bagasse ash as a potential quartz replacement in red ceramic**. Journal of the American Ceramic Society, v.91. p.1883-1887, 2008.

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO – ÚNICA. **Informação Única**, ano 7, n.63, jan./fev. 2006.

VAN DILLEWIJN, C. **Botany of sugarcane**. Walt-hham: Chronica Botânica, 1952.

433 p. VAN RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo Agronômica Ceres,

1991. 343p. VILAR, D. **Aprendendo a Morfologia da Cana-de-Açúcar**. 2021a.

Disponível em:

<<https://agrononline.com.br/portal/artigo/aprendendo-a-morfologia-da-cana-de-acucar/#:~:text=As%20caracter%C3%ADsticas%20morfol%C3%B3gicas%20da%20%C3%A2mina>>.

VILAR, D. **Diferença Entre Cana-planta e Cana-soca**. 2021b. Disponível em:

<<https://agrononline.com.br/portal/artigo/diferenca-entre-cana-planta-e-cana-soca/>>. Acesso em: 2 mai. 2023.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura da cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**, 97:1-16.2002 (Encarte Técnico).

WANG, Y et al. **Phosphate solubilization of *Paenibacillus polymyxa* and *Paenibacillus macerans* from mycorrhizal and non-mycorrhizal cucumber plants**. **African Journal of Microbiology Research**, v. 6, n. 21, p. 4567-4573, 2012.

WEN, M et al. Advances in Studies of Genetic Improvement of Sugarcane. **Asian Agricultural Research**, v. 8, n. 1812-2016-144751, p. 66-70, 2016.

WINIWARTER, V.; BLUM, W. E. H. **From marl to rock powder: on the history of soil**

fertilitymanagement by rock materials. Journal Plant Nutrition and Soil Science, 171: 316-324, 2008.

ZAMBELLO JR., E; ORLANDO FILHO, J. Efeito residual da adubação fosfatada em soqueiras de cana-de-açúcar. **Saccharum - STAB**, São Paulo, v. 4 n.12 p. 31- 36, jan. 1981.

ZAMBELLO JR., E et al. Adubação NPK e localização do fertilizante em soqueiras de cana-de-açúcar, variedade **CB 41-76 - BrasilAçucareiro**, Rio de Janeiro, v.96 n.4 p.34 - 46,out. 1980.