



**INSTITUTO FEDERAL**  
**GOIANO**  
Câmpus Rio Verde

**BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**VICTOR PAULO DE SOUZA**

Rio Verde – GO  
2020

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
GOIANO - CAMPUS RIO VERDE  
BACHARELADO EM AGRONOMIA**

**UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR**

**VICTOR PAULO DE SOUZA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Lucas Anjos de Souza.  
Coorientador: Prof. Dr. Roniel Geraldo Avila.

Rio Verde – GO

Junho, 2020

---

## ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CURSO (TC)

ANO	SEMESTRE
2020	1

No dia 26 do mês de junho de 2020, às 9 horas, reuniu-se a banca examinadora composta pelos docentes Lucas Anjos de Souza, Roniel Geraldo Avila, Marconi Batista Teixeira e o agrônomo Gustavo da Silva Vieira, para examinar o Trabalho de Curso (TC) intitulado “UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR”, do acadêmico Victor Paulo de Souza, Matrícula 2011102200240051 do curso de Agronomia do IFGoiano – Campus Rio Verde. Após a apresentação oral do TC, houve arguição do candidato pelos membros da banca examinadora. Após tal etapa, a banca examinadora decidiu pela Aprovação do acadêmico. Ao final da sessão pública da defesa foi lavrada a presente ata, que segue datada e assinada pelos examinadores.

Rio Verde, 26 de junho de 2020.



---

Prof. Dr. Lucas Anjos de Souza  
Orientador



---

Prof. Dr. Roniel Geraldo Avila  
Coorientador



---

Prof. Dr. Marconi Batista Teixeira



---

Agr. Gustavo da Silva Vieira  
Membro

### Observação:

( ) O acadêmico não compareceu à defesa do TC

Sistema desenvolvido pelo ICMC/USP  
Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Sistema Integrado de Bibliotecas - Instituto Federal Goiano**

SS729u      Sozua, Victor Paulo  
              Utilização de Fósfor na cultura da cana-de-açúcar /  
Victor Paulo Sozua;orientadora Lucas Anjos de  
Souza; co-orientadora Roniel Geraldo Avila. -- Rio  
Verde, 2020.  
              23 p.

              Monografia ( em Graduação Agronomia) -- Instituto  
Federal Goiano, Campus Rio Verde, 2020.

              1. Saccharum spp.. 2. Fósforo. 3. Eficiência  
produtiva . I. Anjos de Souza, Lucas , orient. II.  
Avila, Roniel Geraldo, co-orient. III. Título.

Responsável: Johnathan Pereira Alves Diniz - Bibliotecário-Documentalista CRB-1 n°2376

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR PRODUÇÕES  
TÉCNICO-CIENTÍFICAS NO REPOSITÓRIO INSTITUCIONAL DO IF GOIANO**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Institucional do IF Goiano (RIIF Goiano), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IF Goiano.

**Identificação da Produção Técnico-Científica**

- |                                                                      |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Tese                                        | <input type="checkbox"/> Artigo Científico              |
| <input type="checkbox"/> Dissertação                                 | <input type="checkbox"/> Capítulo de Livro              |
| <input type="checkbox"/> Monografia – Especialização                 | <input type="checkbox"/> Livro                          |
| <input checked="" type="checkbox"/> TCC - Graduação                  | <input type="checkbox"/> Trabalho Apresentado em Evento |
| <input type="checkbox"/> Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ |                                                         |

Nome Completo do Autor: Victor Paulo de Souza

Matrícula: 2011102200240051

Título do Trabalho: UTILIZAÇÃO DE FÓSFORO NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

**Restrições de Acesso ao Documento**

Documento confidencial:  Não  Sim, justifique: \_\_\_\_\_

Informe a data que poderá ser disponibilizado no RIIF Goiano: 28/07/2020

O documento está sujeito a registro de patente?  Sim  Não

O documento pode vir a ser publicado como livro?  Sim  Não

**DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA**

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano.

Rio verde, 28/07/2020.

Local Data

Victor Paulo de Souza

---

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

Ciente e de acordo:



---

Assinatura do(a) orientador(a)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, pela preciosa dádiva da minha existência, por me fortalecer, abençoar e guiar meu caminho para a realização dos meus sonhos.

A minha esposa Ludmylla e minha filha Maria Eduarda, por me fortalecer, abençoar e guiar em meu caminho para a realização dos meus sonhos.

A minha família, por todo apoio, carinho e cuidado em todos os momentos.

Ao Instituto Federal Goiano – Campus Rio Verde, pela grande oportunidade de aprendizagem e aprimoramento profissional e pessoal.

A todos os professores do Instituto Federal Goiano pelo compartilhamento de conhecimento, em especial ao professor Lucas Anjos, pela orientação, disponibilidade, dedicação e amizade.

Aos meus amigos que conquistei nessa trajetória, que sempre auxiliaram e contribuíram para a minha formação.

Enfim, a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização desse trabalho.

## RESUMO

SOUZA, Victor Paulo de. **Utilização de fósforo na cultura da cana-de-açúcar.** 2019. Monografia 27p. (Curso de Bacharelado de Agronomia). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano - Campus Rio Verde, GO, 2019.

Este trabalho apresenta uma revisão de literatura acerca da temática Utilização do fósforo na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.). Com encaminhamentos metodológicos qualitativos, foi utilizada a pesquisa bibliográfica como método para coleta de dados. Foram utilizados como referencial artigos publicados em periódicos e livros da área da agronomia, tendo como objetivo identificar como a utilização do fósforo pode influenciar no aumento da eficiência produtiva da cana-de-açúcar. O Brasil é um dos grandes produtores mundiais da cana-de-açúcar e por esse motivo, essa área tem sido pesquisada com o intuito de identificar métodos e técnicas que possam contribuir com sua eficiência produtiva. Um dos métodos estudados é o diagnóstico e a correção do fósforo no solo no qual é realizado o plantio da cana, considerando que esse elemento químico pode influenciar positivamente no desenvolvimento produtivo. Dessa forma, considerando o objetivo da pesquisa, após o levantamento e análise dos dados foi possível identificar como resultado que o fósforo pode influenciar positivamente o cultivo de cana-de-açúcar, uma vez que esse elemento atua no armazenamento e na transferência de energia, compondo ácidos nucleicos. Assim, torna-se relevante que estudos nessa área sejam realizados, com fins de compreender como se dá a relação entre o fósforo e a produção de cana-de-açúcar.

**Palavras-chave:** *Saccharum* spp.; Fósforo; Eficiência produtiva.



## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Comparativo de área plantada, Cana de Açúcar x Grãos.....	10
<b>Figura 2.</b>	Evolução de área total colhida nos últimos 15 anos em regiões brasileiras .....	11
<b>Figura 3.</b>	Evolução da produtividade média de cana-de-açúcar nos últimos 15 anos no brasil e em regiões brasileiras.....	12
<b>Figura 4.</b>	– Comparativo de produtividade média de cana-de-açúcar no brasil e em regiões brasileiras nas safras 18/19 e 19/20 .....	12
<b>Figura 5.</b>	Estimativa da evolução da produção de cana-de-açúcar no brasil e em regiões brasileiras nos últimos 15 anos .....	12

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>11</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>12</b>
<b>2.1 O cultivo de cana-de-açúcar no Brasil.....</b>	<b>12</b>
<b>2.2 Determinação e disponibilidade de P no solo .....</b>	<b>15</b>
<b>2.3 Sintomas de deficiência de P .....</b>	<b>17</b>
<b>2.4 Fontes e aproveitamento de P em cana-de-açúcar.....</b>	<b>19</b>
<b>3 CONCLUSÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>4 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>22</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é uma atividade de grande importância para o desenvolvimento econômico brasileiro, considerando que, atualmente, o Brasil encontra-se dentre os maiores produtores mundiais nessa cultura. O Brasil hoje produz 685 mil toneladas em uma área de 9 milhões de hectares (IBGE, 2020), nesse sentido, desenvolver métodos que contribuam como a produtividade e a qualidade dessa atividade têm sido uma das preocupações dos pesquisadores da área da agronomia.

Como uma das alternativas ao aumento da eficiência do sistema produtivo, o emprego do elemento químico Fósforo (P) tem sido utilizado na cultura da cana-de-açúcar, considerando a importância deste componente, que atua no armazenamento e na transferência de energia, além de compor ácidos nucleicos. Uma vez que o solo brasileiro apresenta como uma das características a baixa quantidade de P, métodos que venham a corrigir essa deficiência podem interferir positivamente na produtividade de cana-de-açúcar.

Dessa forma, este trabalho de conclusão de curso de Bacharelado em Agronomia foi desenvolvido com viés qualitativo e apresenta um levantamento bibliográfico acerca da temática *utilização de fósforo na cultura da cana-de-açúcar*, cujo objetivo geral é: Identificar como a utilização do fósforo pode influenciar no aumento da eficiência produtiva da cana-de-açúcar.

Para o desenvolvimento do trabalho, foi utilizada como metodologia de pesquisa a pesquisa bibliográfica, com o intuito de encontrar em artigos publicados em periódicos e livros, estudos que relatassem a caracterização da cultura da cana-de-açúcar e como o P pode melhorar a produção.

O referencial teórico foi desenvolvido com quatro subdivisões, sendo: *O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil*, que aborda aspectos históricos, econômicos e de produção desta cultura no Brasil; *Determinação e disponibilidade de P no solo*, apresenta uma caracterização do elemento químico Fósforo e como ele influencia na cultura da cana-de-açúcar; *Fontes de aproveitamento de P em cana-de-açúcar* que apresenta como este componente pode ser obtido e a sua aplicação no cultivo e *Sintomas e deficiências de P* que caracteriza como a deficiência de fósforo pode ser identificada e corrigida.

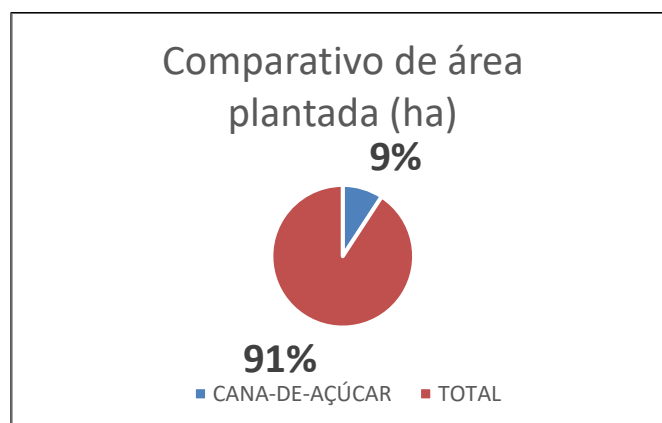
## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 O cultivo de cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma planta que pertence à divisão *Magnoliophyta*, Classe *Liliopsida*, sub-classe *Commelinidae*, ordem *Cyperales*, família *Poaceae* (CASTRO et al., 2001) cuja origem é a Oceania e Ásia (DIOLA; SANTOS, 2010). Historicamente, no Brasil, a produção de cana-de-açúcar foi um dos principais produtos agrícolas e hoje o país tem, novamente, as primeiras posições no ranking mundial, sendo assim o maior produtor da cultura (VIANA, 2012). A produção canavieira nacional é tecnicamente qualificada, tendo grande importância para o agronegócio brasileiro.

A cana-de-açúcar é considerada como uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis devido ao seu grande potencial na produção de etanol e subprodutos. As unidades produtoras vêm buscando operar com maior eficiência por meio da produção de etanol originário de fontes renováveis, ligado às grandes áreas cultiváveis e condições edafoclimáticas adequadas ao cultivo de cana-de-açúcar. Assim, tornando o Brasil um país importante para a exportação dos produtos oriundos dessa cultura (CONAB, 2018).

Mesmo com sua elevada importância econômica, a área de produção de cana-de-açúcar representa uma pequena fração quando comparada àquela destinada à produção de grãos (Figura 1). Na safra 19/20 a área destinada a produção de grãos no Brasil superou 79 milhões de hectares, enquanto a área cultivada com cana se aproximou a 9 milhões de hectares (IBGE, 2020).



**Figura 1.** Comparativo de área plantada – Cana-de-açúcar x Grãos (Fonte CONAB 2020)

Embora o Brasil tenha tido uma redução da área colhida de cana-de-açúcar em algumas regiões, como o Norte, Sudeste e Sul, outras regiões mantiveram as quantidades de áreas

colhidas com o decorrer dos anos (Figura 2). Os motivos prováveis para a ocorrência de diminuição de área colhida, se dá ao fato de entrega de áreas arrendadas que se encontram distantes das unidades de processamento da matéria prima e, também, pelo baixo rendimento de produção. Já os principais fatores responsáveis por manter e/ou aumentar a dimensão das áreas colhidas se deve ao desenvolvimento de cultivares mais produtivas e aquecimento do mercado econômico (CONAB, 2020).

Gráfico 1 - Evolução da área total colhida

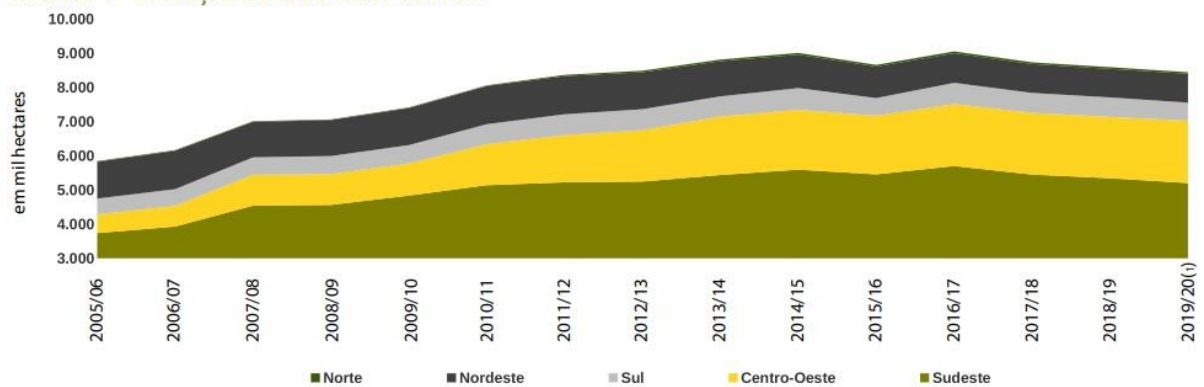


Figura 2 – Evolução de área total colhida nos últimos 15 anos em regiões brasileiras (Fonte CONAB 2020)

É notado que embora o Brasil tenha chegado ao nível médio de produção acima de 80 toneladas/hectare de acordo com o histórico de 15 anos de produção, o cenário atual encontra-se abaixo deste nível, onde algumas regiões como o Nordeste produzem próximo a 60 toneladas/hectare (Figura 3) enquanto a média de produção brasileira está em torno de 70 toneladas/hectare (Figura 3). Esta diminuição pode estar atrelada ao baixo nível de investimento de determinadas regiões, não renovação das áreas, clima muitas vezes não favorável devido à escassez de chuvas e diminuição de área plantada. A região Nordeste, mesmo estando abaixo da média de produtividade brasileira, apresenta retomada do rendimento produtivo dos canaviais (Figura 3).

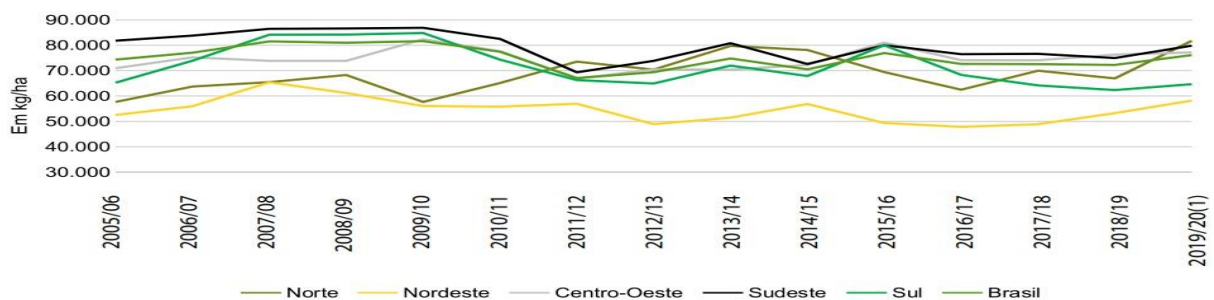


Figura 3 – Evolução da produtividade média de cana-de-açúcar nos últimos 15 anos no Brasil e

em regiões brasileiras (Fonte CONAB 2020)

Em relação a produtividade nas regiões do Brasil, as regiões Norte, Nordeste e Sudeste tiveram um aumento de produtividade expressivo, enquanto as regiões Centro-oeste e Sul mantiveram seus padrões de produtividade (Figura 4). Holisticamente, o Brasil teve um aumento médio de produção em pouco mais de 3,9 toneladas/hectare.

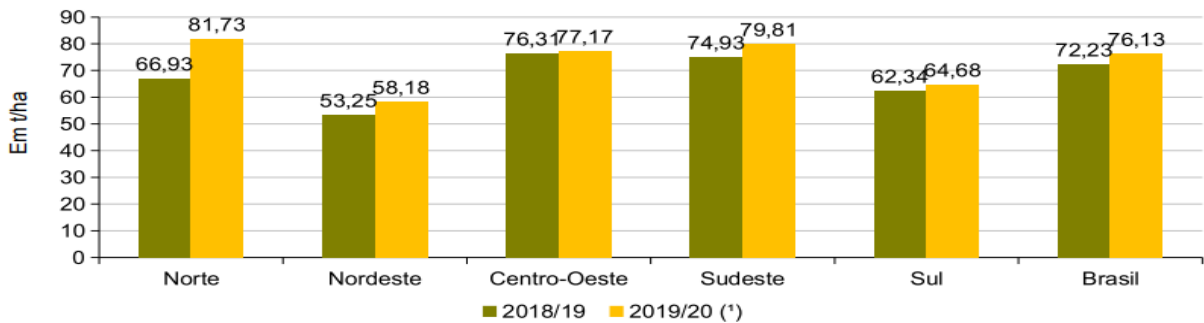


Figura 4 – Comparativo de produtividade média de cana-de-açúcar no Brasil e em regiões brasileiras nas safras 18/19 e 19/20 (Fonte CONAB 2020)

Ao pensar em perspectivas de evolução da produtividade de cana-de-açúcar no Brasil, na safra 2019/2020 espera-se um aumento significativo da produtividade quando comparado a última safra. Conforme o gráfico a seguir, nota-se que na safra 2018/2019 houve um decréscimo de produtividade ao ser comparado com o ano anterior, isto pelo fato de que o tamanho das áreas colhidas também vem decrescendo com o passar dos anos. Já o acréscimo de produtividade previsto para a safra 2019/2020 ocorre pelo quadro adequado de condições pluviométricas e climáticas para a cultura. Nota-se que as regiões Centro-oeste vêm aumentando sua produtividade no cultivo de cana-de-açúcar enquanto outras regiões como nordeste e Sul vem mantendo seus níveis de produção conforme comparado ao histórico dos últimos 15 anos (Figura 5).

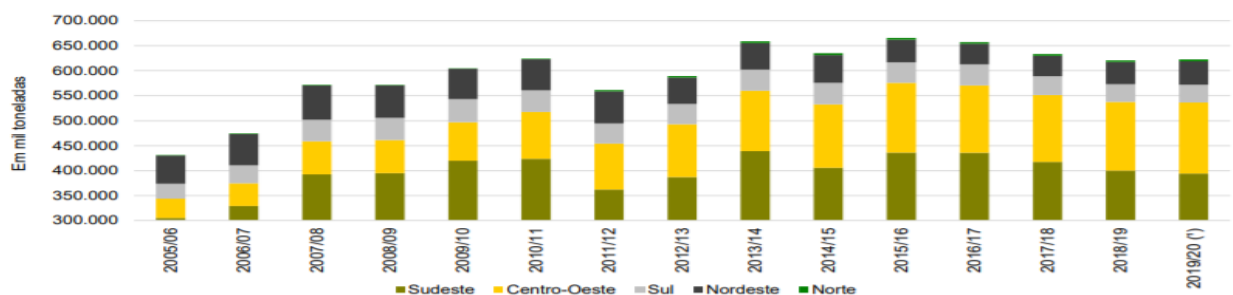


Figura 5 – Estimativa da evolução da produção de cana-de-açúcar no Brasil e em regiões brasileiras nos últimos 15 anos (Fonte CONAB 2020,)

A indústria da cana-de-açúcar também tem buscado cada vez mais eficiência energética

gerando energia elétrica, o que pode diminuir custos de produção e ainda agregar sustentabilidade para a atividade. A produção de cana-de-açúcar movimenta a economia do Brasil em todos os aspectos desde geração de empregos até a importância elevada do uso de defensivos agrícolas.

De acordo com as estatísticas da FAO (2019), as culturas de milho, trigo, arroz e batata são ricamente produzidas em todo o mundo; entretanto, a cana-de-açúcar, cresce predominantemente em regiões tropicais e subtropicais aumentando fortemente a produção. Este aumento está inteiramente ligado ao uso desta matéria prima para produção de biocombustíveis.

De acordo com a FAO, o Brasil está em terceiro lugar na produção per capita de cana-de-açúcar no ranking mundial. Por isso é necessário que haja aumento da eficiência do sistema produtivo para que a produção possa ser mantida mesmo com diminuição da área de cultivo efetiva e, para isso, é necessário cada vez mais aperfeiçoar as técnicas de manejo e cultivo da cultura, principalmente no que tange a eficiência do aproveitamento de nutrientes, como o nitrogênio (N), fósforo (P) e o potássio (K).

## **2.2 Determinação e disponibilidade de P no solo**

Se tratando de um macronutriente extraído de rochas fosfáticas, sendo assim, de fontes não renovável (Pantano et al., 2016), os fertilizantes fosfatados devem ser aplicados de acordo com a demanda e capacidade de absorção das plantas. Para isso, é necessário determinar o teor prévio de P para que a recomendação seja precisa e eficiente.

São utilizados dois métodos para estimar a disponibilidade de P no solo: o Mehlich 1, Mehlich 3, resina de troca iônica e Bray 1. O Mehlich 1 ( $\text{HCl } 0,005 \text{ N} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 0,025 \text{ N}$ ) incide na solubilização de fosfatos de cálcio, alumínio e ferro por íons hidrogênio sendo um extrator ácido forte e trabalha com o pH do solo. O Mehlich 3 trabalha com o pH tamponado a 2,5, não solubiliza formas naturais de P-Ca em alguns solos menos intemperizados e possibilita extração de micronutrientes como: Fe, Mn, Zn e Cu. A resina de troca iônica é um material sintético, com estrutura tridimensional, que contém grupos químicos com cargas positivas e negativas, essas cargas positivas adsorvem os ânions  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  da solução aquosa em contato com o solo durante a agitação da mistura solo, resina e água durante 16 horas. Bray 1 é o método padrão de extração de Fósforo e extrai o P-lábil, fósforo ligado ao Ferro (Fe) e Alumínio (Al). O método BRAY não extrai fósforo ligado ao Cálcio (Ca), o chamado P-não lábil ou fósforo não disponível (Raij et al., 1987).

O fósforo é encontrado no solo de duas formas: orgânicas (Po) e inorgânicas (Pi). Se diferenciam pelo grau de estabilidade ou solubilidade, sendo o pH é um fator que influencia na disponibilidade do Pi na solução, em solos ácidos, precipitado com Al, Fe, já com elevação do pH do solo precipitado com Ca (Novais & Smyth, 1999).

Uma das formas de melhorar o sistema produtivo canavieiro é proporcionar ao mesmos condições favoráveis de crescimento e possíveis atenuadores de estresses bióticos e/ou abióticos que, em última análise, afetam a produtividade e a qualidade da produção. Nesse sentido, a adubação adequada e de acordo com as demandas da cultura pode ser vista como parte da estratégia do manejo integrado. Além disso, um foco especial deve ser dado aos adubos cuja fonte é não renovável, como é o caso do P.

Dentre os nutrientes essenciais às plantas, o P apresenta função primordial no metabolismo, mostrar-se de grande importância no armazenamento e na transferência de energia (ADP e ATP), além de atuar como componente dos ácidos nucleicos, fitina e fosfolipídios (EPSTEIN; BLOOM, 2006). Esse macronutriente é exigido em maiores quantidades pela cana-de-açúcar, comparado com o nitrogênio e potássio, devido seu aproveitamento ser menor. Esse nutriente é encontrado em baixa quantidade nos solos brasileiros, isso ocorre porque o Brasil se encontra entre os trópicos, e os solos tropicais são naturalmente pouco férteis, especialmente quando essa fertilidade está voltada a disponibilidade de P (NETO et al., 2011).

Os solos tropicais são, em sua maioria, muito intemperizados e apresentam como principais constituintes da fração argilosa os óxidos de ferro e alumínio que, em condições de reação ácida a moderadamente ácida, possuem preferencialmente cargas positivas e, assim, são capazes de reter vários ânions, principalmente íons fosfatos (GARCIA et al., 2018).

Conforme Silva e Araújo (2005) as principais características do solo que interferem na produtividade das culturas é a disponibilidade de nutrientes, a capacidade de troca catiônica, a saturação de bases, teor de matéria orgânica, macroporosidade, disponibilidade hídrica, saturação por alumínio, densidade e a salinidade.

O P absorvido pelas plantas se encontra na solução do solo, em pequenas quantidades, principalmente na forma iônica ortofosfato ( $H_2PO_4^-$ ). Com equilíbrio químico entre as formas de fósforo encontradas em solução, com os minerais do solo e a matéria orgânica (P lábil), com a é retirada do P da solução do solo, vai sendo reabastecido de maneira a manter o equilíbrio. Ao longo do tempo, são formas mais estáveis de, aumentando a quantidade de P não lábil (QUAGGIO,1997).

A adsorção com P é um sério problema parte fica adsorvido ao complexo coloidal



(argilas), por este motivo em solos argilosos é realizada adubações com alto teor de fosforo para aumentar sua disponibilidade para as plantas, as fontes orgânicas ou organomineral que podem contribuir para diminuição desse processo, baixando os custos de produção e ainda contribuir para uma agricultura sustentável no uso mais eficiente dos fertilizantes (GARCIA et al., 2018). O fósforo possui a propriedade de ampliar a eficiência de uso da água pela planta, assim como assimilação e utilização de outros nutrientes, oriundos do solo ou do adubo, elevando a resistência da planta a certas doenças, suportar baixas temperaturas e déficit hídrico (PENATTI, 2013).

Parente et al. (2016) expõe que o fósforo é praticamente imóvel no solo e por isso é necessário realizar, sempre que possível, à adubação no sulco de semeadura. Pois, principalmente em culturas perenes, a fase de instalação é extremamente responsiva à adição do nutriente em profundidade. Sendo assim, áreas que possuem teores muito baixos de P, a fosfatagem corretiva em área total pode ser alcançada utilizando-se fosfatos naturais. No entanto, como é no plantio que se tem a oportunidade de depositar o P mais próximo do sistema radicular, vários autores fortalecem a importância da utilização da adubação fosfatada com maior solubilidade no sulco de plantio.

Caione et al. (2013) afirma que depois que é realizada a utilização de um fertilizante fosfatado ao solo, ocorre um conjunto de eventos físico e químicos que convertem esse fosfato em substância fosfatada complexa, as quais passam administrar a disponibilidade do nutriente no solo. Se o P se encontra em solução, o mesmo está disponível; porém quando ocorre a adsorção o P estará em uma forma não disponível.

### **2.3 Sintomas de deficiência de P**

Os primeiros sinais de deficiência de fósforo ocorrem nas folhas mais velhas da planta, devido sua translocação na planta, na cana-de-açúcar, a deficiência de fósforo acarreta problemas na fase de perfilhamento, diminuindo o stand da cultura, e ainda, afeta a largura e comprimento dos internódios, produzindo colmos mais curtos e finos, as folhas se estreitam e ficam cloróticas, secando e morrendo a partir da ponta e por toda a extensão das margens (PEREIRA, 2017). Enfatizando os sintomas anteriormente citados, Rosolem e Tavares (2006) trazem que os sintomas de deficiência não são bem definidos, sendo o atraso no crescimento o principal deles. As plantas estiolam e tem folhas menores, que se tornam verde-escuras, as folhas mais velhas exibem cor amarelada, com pouco brilho, cor verde-azulada ou manchas pardas, retardamento no florescimento e tamanho reduzido da planta, mas lembram que estes

sintomas são muito difíceis de ser assinalados em condição de campo.

Para minimizar a ocorrência de deficiência de P a utilização de uma fonte orgânica é um fator de grande influência na sua disponibilização. Visto que a adição de M.O. promoverá a elevação do pH do solo, resultando na diminuição do  $Al^{3+}$  trocável e, portanto, diminuindo sua atividade na solução do solo. Em decorrência da decomposição da M.O. os ácidos orgânicos resultantes, podem diminuir o pH, trazendo como benefício a solubilização dos fosfatos naturais, elevando sua eficiência agrônômica (CAIONE et al., 2013).

Em estudos realizados por Santos et al. (2009) os autores observaram que a utilização de superfosfato triplo promoveu maior concentração de P em folhas em relação ao uso de composto (torta de filtro, bagaço e cinzas).

Cecato et al. (2007) em estudos com capim-mombaça para avaliar os efeitos de duas fontes de P (termodifosfato magnésiano Yoorin e superfosfato simples + superfosfato triplo), observaram que o tratamento com fonte de rápida solubilidade elevou a taxa de alongamento foliar em relação a fonte de lenta solubilidade. Com isso, pesquisas realizadas por Duarte et al. (2016) com capim-piatã induzem que as fontes de fósforo imediatamente disponíveis podem proporcionar acréscimos produtivos na fase de implantação e estabelecimento. Com isso, recomenda-se a adubação fosfatada com diferentes solubilidades em água para garantir a máxima produtividade e diminuindo, assim, o número de práticas de adubações realizadas.

O resultado da adubação fosfatada é baixo, as doses de P aplicadas nas adubações são bem superiores que as quantidades aproveitadas pela planta, já que normalmente a utilização de P pela cana-de-açúcar está entre 10 e 15% da quantidade total do fertilizante aplicado. Sendo assim, alguns autores sugerem que a melhor maneira de aplicação de P em cana-de-açúcar é em área total, garantindo uma melhor distribuição de P, que contribuirá com o enraizamento e volume de solo explorado (CAIONE et al., 2011b).

A resposta à adubação fosfatada depende de vários fatores: da disponibilidade de P no solo, da disponibilidade de outros nutrientes, da espécie e variedade vegetal cultivada e das condições edafoclimáticas. A correção da acidez do solo é uma prática que favorece a disponibilidade de P e aumenta a eficiência de utilização dos fertilizantes fosfatados. Essa maior eficiência pode ser observada em estudos realizados por Sousa e Lobato (2004), no qual realizaram adubação fosfatada na dose de  $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  de  $P_2O_5$ , em área sem calagem e com calagem; nessas condições a produtividade foi, respectivamente, de 1,32 e  $3,04 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  de grãos de soja.

## 2.4 Fontes e aproveitamento de P em cana-de-açúcar

Segundo SANTOS, V.R. et al (2009, v 13, p 390), “As principais fontes de fósforo podem ser classificadas como sendo solúveis, pouco solúveis e insolúveis; onde as solúveis são as mais utilizadas para aumentar a quantidade de P disponível para as plantas, pois o mesmo estará prontamente disponível nos solos”.

A disponibilidade acelerada faz com que os processos de adsorção e precipitação em formas insolúveis aos componentes do solo seja favorecido, disponibilizando-o às plantas, ocorrendo proporcionalmente em relação com a quantidade de argila presente nos solos (SANTOS et al., 2009).

Os fertilizantes fosfatados minerais são obtidos a partir de rochas fosfáticas e, para uma recomendação técnica, é preciso conhecer como essas fontes de fósforo disponibilizarão o nutriente e os efeitos ao longo do tempo sobre a fertilidade do solo e a produção vegetal.

Na produção agrícola, predomina o uso de fontes industrializadas solúveis em água. Estes fertilizantes oferecem elevada solubilidade no solo, havendo elevada eficiência em qualquer condição de solo e cultura (SOUSA et al., 2010). No mercado existem vários fertilizantes fosfatados tais como: fosfatos naturais, superfosfato simples com 16 a 18% de  $P_2O_5$ ; superfosfato triplo com 41% de  $P_2O_5$ ; termofosfatos com 18% de  $P_2O_5$ , fosfatos de amônio de 46 a 50% de  $P_2O_5$ , fosfatodiamônio com 38 a 40% de  $P_2O_5$  e nitrofosfato com 18% de  $P_2O_5$ .

As fontes fosfatadas de baixa solubilidade em água e alta solubilidade em ácidos fracos, como o ácido cítrico e citrato neutro de amônio, liberam lentamente o P no solo, assim diminuindo a fixação no solo e favorecendo a absorção pelas plantas. Uma das mais tradicionais fontes P insolúveis em água, no entanto solúvel em ácidos fracos, é a farinha de ossos, sendo o mesmo resultante do aproveitamento dos ossos do abate de animais que, quando adicionado ao solo, apresenta ação poucos dias após a sua aplicação (CAIONE et al., 2011a).

Considerando a cultura da cana, alguns trabalhos mostraram que essa cultura apresenta melhor aproveitamento de fosfatos solúveis quando comparados aos insolúveis. As fontes com baixa solubilidade não são capazes de fornecer níveis adequados de P a essas plantas. Porém, fosfatos naturais de alta reatividade, tipo o fosfato de gafsa, se igualam às fontes de alta solubilidade quando adicionadas ao solo (SANTOS, et al., 2009). Por isso há grande variação das recomendações de fertilização utilizando P na cultura da cana, pois vários fatores precisam ser levados em consideração de modo a garantir eficiência no aproveitamento do nutriente.

Apesar da aplicação de grandes quantidades de fertilizantes fosfatados na cultura da

cana-de-açúcar, o P é o macronutriente extraído em menor quantidade pela planta de acordo com a sequência seguinte:  $K > N > Ca > Mg > S > P$  (PEREIRA, 2017). A adubação fosfatada na cana-de-açúcar é amplamente adotada como uma prática efetiva para incrementar a produtividade dos canaviais, especialmente em solos brasileiros (PENATTI, 2013).

Conforme Santos e Borém (2016) as fontes de  $P_2O_5$  mais aconselhadas para esta prática são as que contêm teores médios e altos de  $P_2O_5$  solúveis em ácido (HCl), como fosfato natural reativo (30% de  $P_2O_5$  total e 10 a 14%  $P_2O_5$  HCl); termofosfato magnésiano (18%  $P_2O_5$  total e 16% HCl); torta de filtro; e composto de torta de filtro + cinza + fonte de  $P_2O_5$  ou torta + cinza + dejetos animais, principalmente aves.

Tendo em vista a absorção do fósforo ocorre mais próximo ao final do ciclo da cultura, o fertilizante fosfatado deve ser aplicado no sulco durante o plantio, devido sua baixa mobilidade no solo (PEREIRA, 2017).

### 3 CONCLUSÃO

Identificou-se que, um dos aspectos desse elemento químico que influencia positivamente a produção da cana, é o fato de o fósforo armazenar e transferir energia. O solo brasileiro possui um déficit na apresentação desse componente, sendo imprescindível o diagnóstico da sua concentração bem como a correção dessa defasagem. O fósforo influencia com eficácia na absorção da água e dos nutrientes necessários ao desenvolvimento adequado da planta, o que resulta em uma resistência maior a doenças, e à baixas temperaturas, sendo relevante a utilização desse elemento na cultura.

Conclui-se, ainda, que a realização deste levantamento, como forma de conclusão do curso de Bacharel em Agronomia, foi de grande importância para a formação profissional. A pesquisa possibilitou o aprofundamento à temática em complemento à formação teórica recebida em sala de aula. Assim, espera-se que esse trabalho venha a contribuir com pesquisadores e profissionais da área e outros interessados.

#### 4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. S. **Identificação e caracterização de genes de transportadores de fosfato em cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*)**. 2002. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) –Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo: Piracicaba, 2002.
- CAIONE, G. et al. Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo, nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 2, 2013.
- CAIONE, G. et al. Fontes de fósforo para adubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, 2011a.
- CAIONE, G. et al. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em Latossolo vermelho amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, v. 9, n. 1, 2011b.
- CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R. A. (Ed.). *Ecofisiologia de culturas extrativas. Cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendezeiro e oliveira*. **Cosmópolis: Stoller do Brasil**, 2001.
- CECATO, Ulysses et al. Características morfogênicas do capim mombaça (*Panicum maximum* Jacq. cv. Mombaça) adubado com fontes de fósforo, sob pastejo. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, n. 6, 2007.
- CONAB, CNDA. **Acomp. safra bras. cana**, v. 5 - Safra 2018/19, n. 1 - Primeiro levantamento, Brasília, maio 2018.
- DAROUB, S. H. et al. Phosphorus fractions and fate of phosphorus-33 in soils under plowing and no-tillage. **Soil Science Society of America Journal**, v. 64, n. 1, 2000.
- DIOLA, V.; SANTOS, F. *Fisiologia*. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. Eds.). **Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool - tecnologia e perspectivas**. Viçosa: UFV, 2010.
- DUARTE, C. F. D. et al. Capim-piatã adubado com diferentes fontes de fósforo. **INVESTIGAÇÃO**, v. 15, n. 4, 2016.
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A. J. **Nutrição Mineral. Princípios e perspectivas**. 2.ed., Londrina: Editora Planta, 2006.
- GARCIA, J. C. et al. Fontes de fósforo mineral e organomineral no estado nutricional e no crescimento inicial da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v. 15, n. 1, 2018.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**; Brasil, 2020.
- MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição de Plantas**. São Paulo: Ceres, 2006.
- NOVAIS, R.F.& SMYTH, T.J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1999.

- NETO, D. E. S. et al. Níveis críticos de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar em Pernambuco. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 58, n.6, 2011.
- PANTANO, G; G. M. GROSSELI, G. M.; ANTONIO A. MOZETO, A. A.; FADINI, P. S. **Sustentabilidade no uso do fósforo: uma questão de segurança hídrica e alimentar**. Departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos – SP, Brasil 2016.
- PARENTE, T. L. et al. Residual de fósforo em cana soca para produção de forragem no norte de Mato Grosso. **Revista de Ciências Agroambientais**, v. 14, n. 1, 2016.
- PENATTI, P. C. **Adubação da cana-de-açúcar: 30 anos de experiência**. São Paulo: Ottoni Editora, 2013.
- PEREIRA, S. D. A. **Influência do fósforo sobre características agronômicas em cana-de-açúcar**. 2017. 35f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade de Brasília - UnB, 2017.
- QUAGGIO, J. A. **Acidez e Calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC. 1997.
- RAIJ, B.van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas, Fundação Cargill, 1987.
- ROSOLEM, C. A.; TAVARES, C. A. Sintomas de deficiência tardia de fósforo em soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, p. 385-389, 2006.
- SANTOS, F.; BORÉM, A. **Cana-de-açúcar: do plantio à colheita**. Viçosa. UFV, 2016.
- SANTOS, V.R. et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola**, v. 13, 2009.
- SILVA, D. J.; ARAÚJO, C. A. S. Agricultura irrigada: a importância da adubação. Embrapa Semiárido. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Ciência do Sol**, Recife, 2005.
- SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Fosforo na Agricultura Brasileira**. Yamada, T. and SRS Abdalla (Eds.), 2004.
- SOUSA, D.M.G. et al. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: nutrientes. **Piracicaba: IPNI – Brasil**. v. 2. 2010.
- VIANA, A. R.; Ferreira, J. M.; Filho, S. B.R. **Produção de cana-de-açúcar visando a sua utilização na alimentação de bovinos de leite**. Niterói: Programa Rio Rural, 2012.