



**CAIO CORREIA BARBOSA LIMA**

**APLICAÇÃO EM LINHA DE FONTES DE CORRETIVOS E GESSO  
NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE A FERTILIDADE DO  
SOLO**

**LAVRAS-MG  
2021**

**CAIO CORREIA BARBOSA LIMA**

**APLICAÇÃO EM LINHA DE FONTES DE CORRETIVOS E GESSO NA CULTURA  
DA CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE A FERTILIDADE DO SOLO**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel  
Orientador

Me. Sérgio Hebron Maia Godinho  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2021**

**CAIO CORREIA BARBOSA LIMA**

**APLICAÇÃO EM LINHA DE FONTES DE CORRETIVOS E GESSO NA CULTURA  
DA CANA-DE-AÇÚCAR SOBRE A FERTILIDADE DO SOLO**

**IN-ROW APPLICATION OF SOURCES OF LIME AND GYPSUM IN SUGARCANE  
ON SOIL FERTILITY**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Agronomia, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2021.  
Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel UFLA  
Me. Sérgio Hebron Maia Godinho UFLA  
Prof. Dr. Silvino Guimarães Moreira UFLA  
Me. Devison Souza Peixoto UFLA

---

Prof. Dr. Guilherme Vieira Pimentel  
Orientador

Me. Sérgio Hebron Maia Godinho  
Coorientador

**LAVRAS-MG  
2021**

## RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar sendo essa cultura de considerável importância para o agronegócio nacional. Os solos brasileiros em sua maioria apresentam elevados teores de alumínio tóxico ( $Al^{3+}$ ), podendo limitar a produtividade das áreas. Em alguns casos, a cana-de-açúcar demonstra tolerância à presença do alumínio durante seu cultivo e, além disso, à presença de íons de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), oriundos dos corretivos de acidez do solo, auxilia no desenvolvimento da planta. Portanto, em vista da citada tolerância e da demanda dos nutrientes essenciais, a exemplo de Ca e Mg, há a necessidade de avaliar sob quais condições a cultura apresentará melhor desempenho. O uso do calcário tem como utilidade corrigir a acidez do solo e disponibilizar cálcio e magnésio, e o gesso como condicionador de solo, para melhorar o enraizamento da cultura. Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho avaliar os efeitos na fertilidade do solo da aplicação de diferentes fontes de corretivos de solos diante da presença e ausência de gesso agrícola, quando aplicados superficialmente em linha. O experimento foi conduzido em área de cana soca, logo após o quinto corte, com a variedade CTC2. Foi adotado o delineamento blocos casualizados, com 4 repetições em esquema de parcelas subdivididas, onde as parcelas consistiram na presença ( $3 \text{ ton ha}^{-1}$ ) ou ausência de gesso, enquanto as subparcelas consistiram nas quatro fontes de corretivos de solo (Calcário Itaú Dolomítico, Cal Fértil HP, Cal Fértil VF e Cal Fértil VP), além do tratamento controle (sem calcário), totalizando-se 40 parcelas de  $75 \text{ m}^2$ . Foram coletadas amostras de solo de 00-20 cm de profundidade e os dados analisados foram referentes aos teores de pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S), alumínio (Al), acidez potencial ( $H + Al$ ), saturação por bases (V%). Concluiu-se com o experimento que, de modo geral, o corretivo Cal Fértil HP – ITM mostrou-se o corretivo de melhor ação sobre a cana soca após o quinto corte, na ausência de gesso, proporcionou as maiores médias gerais dos teores cálcio, magnésio e saturação por bases.

**Palavras-chave:** *Saccharum spp.*; Calagem; Gessagem

## ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of sugarcane and this crop is very important for national agribusiness. Most Brazilian soils have high levels of toxic aluminum ( $Al^{3+}$ ), which may limit the productivity of the areas. In some cases, sugarcane shows tolerance to the presence of aluminum during its cultivation and, in addition, to the presence of calcium (Ca) and magnesium (Mg) ions, from soil acidity correctives, helps in the development of the plant. Therefore, in view of the aforementioned tolerance and demand for essential nutrients, such as Ca and Mg, there is a need to evaluate under which conditions the crop will perform better. The use of lime is useful to correct the acidity of the soil and provide calcium and magnesium, and gypsum as a soil conditioner, to improve the rooting of the crop. In view of the above, the objective of this work was to evaluate the effect between different sources of lime in the presence and absence of gypsum, when applied superficially in-row. The experiment was carried out in a cane area, right after the fifth cut, with the CTC2 variety. The randomized block design was adopted with 4 repetitions in a split plot scheme, where the parcels consisted of the presence ( $3 \text{ ton ha}^{-1}$ ) or absence of gypsum, while the subplots consisted of the four sources of soil correctives (Calcário Itaú Dolomítico, Cal Fértil HP, Cal Fértil VF and Cal Fértil VP), in addition to the control treatment (without limestone), totalizing 40 plots of  $75 \text{ m}^2$ . Soil samples were collected from 00-20 cm deep and the data analyzed were related to the contents of pH, calcium (Ca), magnesium (Mg), sulfur (S), aluminum (Al), potential acidity ( $H + Al$ ), base saturation (V%). It was concluded with the experiment that, in general, the concealer Cal Fértil HP - ITM proved to be the concealer with the best action on the sugarcane after the fifth cut, in the absence of gypsum, provided the highest general averages of calcium contents, magnesium and base saturation.

**Keywords:** *Saccharum spp.*; Liming; Gypsum

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me iluminar durante meu caminho e me guiar nos momentos difíceis.

À Universidade Federal de Lavras, permitindo-me ingressar no curso de Agronomia e sempre me proporcionou conhecimento e experiências essenciais para minha formação no âmbito pessoal e profissional.

Ao Professor Doutor Guilherme Vieira Pimentel, pela dedicação, apoio e presença durante minha graduação. Agradeço também ao Professor Doutor Silvino Guimarães Moreira pelos conhecimentos que adquiri em ser seu aluno. Ao meu coordenador Doutorando Sérgio Hebron Maia Godinho que me auxiliou durante essa etapa muito importante em minha vida. E gostaria de agradecer a todos eles por comporem a banca examinadora.

Agradeço também ao Programa de Pesquisa Voluntária de Iniciação Científica (PIVIC), pela aprovação e apoio com o experimento em questão.

À empresa Viter Agro, que pertence ao grupo Votorantim, e a Usina Bambuí Bioenergia S/A, que disponibilizaram os recursos para a realização desse trabalho.

Ao Núcleo de estudos em Cana-de-Açúcar (NECANA), o qual faço parte desde o início da minha graduação, tive o privilégio de ser vice-presidente e coordenador administrativo. Agradeço pelos conhecimentos e amizades que conquistei graças a esse Núcleo.

Queria agradecer ao meu pai Geraldino, à minha mãe Renata, que me apoiaram a todo momento em minha vida, devo tudo que eu tenho a eles. A minha namorada Távila, que me acompanhou a todo momento, me apoiando e incentivando. Queria agradecer a confiança e o apoio que minha família me proporcionou.

Por fim, mas não menos importante a República Terra Roxa, que me proporcionou amizades e experiências que me ajudaram a me tornar a pessoa que sou hoje.

Muito obrigado a todos que estiveram presentes durante essa etapa em minha vida.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Abordagem histórica, classificação e aspectos fenológicos da cana-de-açúcar .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Corretivos de acidez do solo .....</b>	<b>4</b>
<b>2.3 Calagem e consequências na cultura da cana-de-açúcar .....</b>	<b>5</b>
<b>2.4 Importância da gessagem na cultura da cana-de-açúcar.....</b>	<b>6</b>
<b>2.5 Uso de óxidos na cultura da cana-de-açúcar.....</b>	<b>7</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Local e método de condução .....</b>	<b>10</b>
<b>3.2 Avaliação da fertilidade do solo .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3 Análises estatísticas.....</b>	<b>15</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>5 CONCLUSÃO.....</b>	<b>20</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>21</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem grande destaque no cenário mundial de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*), sendo o seu maior produtor. A cultura é matéria prima para o açúcar e etanol, aguardentes, materiais biodegradáveis e diversos produtos de grande relevância. O cultivo da cana-de-açúcar no Brasil alcançou 8,44 milhões de hectares de área colhida e 1,33 milhões de hectares de áreas plantadas no ano de 2020 (CONAB, 2020).

Os estados brasileiros na safra de 2019/2020 obtiveram um total de 642,72 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, segundo dados da CONAB (2020). A cultura tem grande importância para o agronegócio brasileiro, com reflexos no mercado global, e seu estudo é de suma importância para aperfeiçoar o manejo visando incrementos de produção e suprimento da demanda de seus produtos e subprodutos.

É adaptada às condições de alta intensidade luminosa, altas temperaturas e relativa disponibilidade de água, pois necessita de grandes quantidades de água para suprir as suas necessidades hídricas, uma vez que somente 30% de seu peso é representado pela matéria seca e, 70% pela água, na dependência do estágio fenológico (MOZAMBANI et al., 2006).

O conhecimento fenológico da cana-de-açúcar, assim como demais culturas agrícolas, é fundamental para melhor planejar estratégias de manejo, e os estudos sobre o uso de corretivos agrícolas em seu cultivo são pertinentes, mas ainda há muitas incógnitas. Os resultados sobre o ganho de produtividade em função do uso de calcário em relação ao tipo, forma de aplicação e doses com o intuito de fornecer cálcio (Ca) e magnésio (Mg) ainda oferecem hipóteses e alternativas pouco, ou ainda, não exploradas.

Isso ocorre pois os acréscimos de produtividade da cana-de-açúcar em resposta à calagem nem sempre são comuns em função de se tratar de uma planta considerada tolerante a determinadas condições de acidez por alumínio ( $Al^{3+}$ ) a depender de alguns fatores como a variedade em questão, a condição do solo e ambiente, entre outras. Contudo, trata-se também de uma cultura bastante exigente em cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Observa-se que respostas à calagem, quando ocorrem, em geral estão associadas a baixos teores destes nutrientes (SILVA et al., 2017).

Existem diversos tipos de corretivos agrícolas, porém o mais utilizado é o que reúne o carbonato de cálcio e o carbonato de magnésio, chamado de calcário. O calcário é utilizado para elevar o potencial hidrogeniônico (pH) do solo, neutralizar o alumínio tóxico, e elevar os

teores de Ca e Mg no solo. A estrutura da molécula de carbonato é de difícil percolação no solo, portanto é recomendada incorporação da camada onde o resultado é desejado.

A queima do calcário libera gás carbônico e dá origem aos óxidos de cálcio e magnésio, os quais podem ser utilizados puros ou receberem água em sua composição, e assim, formam-se os compostos chamados de cal-virgem (composto puro) ou cal-hidratada (composto hidratado), respectivamente, que são moléculas que apresentam alta solubilidade em água (PRIMAVESI, 2004).

A cana-de-açúcar por apresentar um ciclo considerado semi-perene, impõe limitações ao revolvimento do solo para a incorporação do calcário durante os ciclos da cana soca, dificultando a ação do corretivo. Assim, o efeito do calcário como fonte de Ca e Mg fica restrito às camadas superiores entre, aproximadamente, 10 e 20 cm de profundidade de solo.

Outra alternativa nesse âmbito, é o gesso agrícola, que tem ação de condicionador de solo, disponibilizando cálcio e enxofre e, ainda, neutralizando o alumínio nas camadas mais profundas. O sulfato de cálcio, conhecido comumente por gesso agrícola, auxilia no crescimento radicular das plantas em profundidade favorecendo a obtenção de água em maiores distâncias, o que pode aumentar a tolerância das mesmas em períodos de chuvas escassas. Desta forma, apresenta diversas propriedades benéficas para o solo, contudo, recomenda-se ser utilizado como complemento ao calcário, pois não apresenta propriedades de correção de acidez do solo como o calcário agrícola.

Entretanto, o gesso por apresentar alta solubilidade, pode ser levado em consideração para a percolação nas camadas mais profundas, contribuindo para a disponibilização do Ca, o aumento da fertilidade e a redução de alumínio tóxico nas camadas mais profundas.

Diante do exposto, o autor teve como finalidade analisar os efeitos da aplicação na linha de plantio de cana-de-açúcar de fontes de calcário associadas e não associadas ao gesso agrícola na fertilidade do solo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Abordagem histórica, classificação e aspectos fenológicos da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é típica de climas tropicais e subtropicais e adapta-se às condições de alta intensidade luminosa e altas temperaturas. A cultura é originária do Sudeste Asiático, especificamente da região que compreende a Nova Guiné e a Indonésia (MOZAMBANI et al., 2006). É caracterizada por ser uma cultura semi-perene, pertencente à família Poaceae e corresponde ao gênero *Saccharum*.

Quanto à classificação da cana-de-açúcar, esta foi descrita por Linneu (1753), que a classificou como *Saccharum officinarum* e *Saccharum spicatum*. Em 1981, Cronquist classificou a planta de acordo com sua divisão, classe, ordem, família, gênero e espécie.

A divisão da cana-de-açúcar é a *Magnoliophyta*; sua classe é *Magnoliopsida*; sua ordem é *Graminales*, sua família é *Poaceae*, seu gênero é *Saccharum* e suas espécies são *Saccharum officinarum*, *Saccharum spontaneum*, *Saccharum sinensis*, *Saccharum barberie* *Saccharum robustum* (SEGATO et al., 2006, p. 11-18).

O ciclo da cana plantada pela primeira vez é denominado de cana-planta, cujo plantio, nas condições de clima predominantes no centro-sul do Brasil pode ser efetuado em duas épocas: a primeira e segunda época. Na primeira época, o plantio ocorre de setembro a novembro, no início da estação chuvosa e quente, apresentando a cana-de-açúcar ciclo de duração média de 12 meses (cana-de-ano).

Na segunda época, o plantio é realizado no período de janeiro a início de abril, sendo que a cana-de-açúcar passa em repouso a primeira estação de inverno e é cortada na segunda estação de inverno, apresentando ciclo variável de 14 a 21 meses (cana-de-ano-e-meio). Após o corte da cana-planta, inicia-se um novo ciclo de, aproximadamente, doze meses, que é o ciclo das soqueiras ou cana soca (SEGATO et al., 2006).

Em complemento, destaca-se que o processamento da cana-de-açúcar é de suma importância para o setor do agronegócio brasileiro, destacando-se pela produção de açúcar e etanol, tanto para o consumo interno quanto para o mercado exterior, o que contribui diretamente para a balança comercial do país e o desenvolvimento nacional.

A sustentabilidade do setor sucroenergético destaca-se pela forma como são utilizados os resíduos de produção industrial como fertilizantes nas lavouras, tal como a torta de filtro, a qual possui concentração rica em fósforo, e a vinhaça, que contém altos percentuais de

potássio. Deste modo, há a diminuição do uso de fertilizantes químicos minerais nos tratos da cultura.

Ainda sobre a sustentabilidade do setor sucroenergético, ressalta-se que com a mecanização, as queimadas realizadas antes da colheita foram abolidas em diversas regiões (SILVA; ALVES; FREITAS, 2015), o que confirma a preocupação do setor sucroenergético com a realização de práticas sustentáveis.

## 2.2 Corretivos de acidez do solo

Os solos brasileiros, em sua maioria apresentam acidez, seja por ocorrência natural, seja em decorrência do manejo adotado. Algumas culturas apresentam-se adaptáveis a condições de acidez, outras se mostram tolerantes, enquanto outras não se desenvolvem adequadamente em solos ácidos. Contudo, sob condições bem estabelecidas de acordo com o vegetal a ser cultivado, estas têm seu potencial de produtividade aumentado (PARAHYBA, 2013).

Os corretivos de acidez do solo são comumente representados por calcário moído, cal virgem, cal hidratada ou extinta, calcário calcinado e subprodutos de diversas indústrias. O calcário é obtido através da moagem da rocha calcária e seus componentes são o carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e o carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ).

São corretivos da acidez, pois apresentam carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e/ou de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), óxidos de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e/ou de magnésio ( $\text{MgO}$ ), hidróxidos de cálcio  $\{\text{Ca}(\text{OH})_2\}$  e/ou de magnésio  $\{\text{Mg}(\text{OH})_2\}$  e silicatos de cálcio ( $\text{CaSiO}_2$ ) e/ou de magnésio ( $\text{MgSiO}_2$ ) (PENATTI, 2013).

A cal virgem por sua vez, é obtida industrialmente, pela calcinação ou queima completa do calcário e seus componentes são o óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ), apresentando-se como um pó fino.

A cal hidratada agrícola ou cal extinta é obtida industrialmente pela hidratação da cal virgem. Seus constituintes são hidróxido de cálcio  $\{\text{Ca}(\text{OH})_2\}$  e hidróxido de magnésio  $\{\text{Mg}(\text{OH})_2\}$  e também se apresenta como pó fino.

O calcário calcinado é obtido industrialmente em decorrência da calcinação parcial do calcário e seus componentes são carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ) e carbonato de magnésio ( $\text{MgCO}_3$ ), não decompostos do calcário (ALCARDE, 2005).

A velocidade de correção de acidez do solo depende do tipo da base contida nos constituintes neutralizantes dos corretivos. Os carbonatos e silicatos neutralizam a acidez lentamente através de suas bases  $\text{CO}_3^{2-}$  e  $\text{SiO}_3^{2-}$  (PENATTI, 2013).

O calcário reage com água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) liberando  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  (nutrientes de plantas) na solução do solo e também a base química  $\text{CO}_3^{2-}$  e posteriormente o  $\text{HCO}_3^-$  responsável pela formação de  $\text{OH}^-$  que neutraliza o  $\text{H}^+$  (acidez ativa), formando água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (DIAS; ROSSETTO, 2006).

As moléculas de silicatos de cálcio e magnésio ( $\text{CaSiO}_3$  e  $\text{MgSiO}_3$ ) ao encontrar água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) na solução do solo reage e liberando os íons de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e as bases  $\text{SiO}_3^{2-}$  as quais serão ligadas posteriormente aos íons de  $\text{H}^+$  (acidez ativa) ajudando a neutralizar a acidez do solo, sendo liberados para a solução  $\text{SiO}_2$  e água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) (PENATTI, 2013).

A velocidade de reação dos óxidos e hidróxidos é mais rápida do que a dos carbonatos e silicatos devido à base de hidroxila ( $\text{OH}^-$ ) ser mais forte. A reação dos óxidos de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e magnésio ( $\text{MgO}$ ) com água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) formam hidróxidos de cálcio  $\{\text{Ca}(\text{OH})_2\}$  e magnésio  $\{\text{Mg}(\text{OH})_2\}$ , os quais novamente reagem com água ( $\text{H}_2\text{O}$ ) liberando cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{2+}$ ) e duas moléculas de hidroxilas ( $2\text{OH}^-$ ) para cada respectiva reação (PENATTI, 2013).

### 2.3 Calagem e consequências na cultura da cana-de-açúcar

Inicialmente, a realização da calagem é de suma importância para a melhoria do ambiente radicular para as plantas e, talvez, seja condição primária para ganhos de produtividade nos solos (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVAREZ, 1999).

Na obra Atualização em Produção de Cana-de-Açúcar, Dias e Rossetto (2006, p. 113) lecionam que:

“A calagem além de elevar teores de cálcio e magnésio no solo, a um nível adequado para atender às necessidades das culturas, neutraliza os efeitos nocivos do alumínio e do manganês, sendo necessário para tal, um corretivo adequado, como também, a dosagem correta. Procedimento este que deve ser baseado em análise química de amostras representativas do solo em questão”.

Os autores fundamentam, ainda, que por ser uma gramínea, a cana-de-açúcar geralmente apresenta tolerância à acidez do solo, razão pela qual a importância da calagem

para esta cultura está relacionada à questão nutricional, principalmente pelo fornecimento de cálcio e magnésio (DIAS; ROSSETO, 2006).

Para analisar a resposta da calagem pela cultura da cana-de-açúcar com relação à adubação foram instalados seis experimentos, sendo quatro deles plantados com a cultivar SP70-1143 e os demais utilizando cultivares SP71-6163 e SP71-1406. As análises iniciais revelaram excesso de acidez sendo recomendado a aplicação de calcário nos locais. Foram observadas respostas significativas à calagem em apenas dois experimentos, apresentando acréscimo de 8 e 13 t.ha<sup>-1</sup>, o que confirma a adaptação de algumas variedades de cana-de-açúcar em solos ácidos e de baixa fertilidade (ROSSETTO et al., 2004).

Os solos que não possuem os níveis adequados de cálcio e magnésio ou possuem elevados teores de alumínio, fatores estes que impedem o crescimento radicular da planta, através da realização da calagem, possibilitam incrementos de produtividade.

Além disso, cumpre mencionar que a realização da calagem em profundidade é importante para manter a longevidade do canavial, por proporcionar maiores teores de Ca no perfil do solo, favorecendo um melhor desenvolvimento das plantas e trazendo benefícios econômicos aos produtores.

O calcário apresenta uma solubilidade incipiente e para que ocorra a reação na camada desejada, é necessária à sua citada incorporação. Todavia, conforme mencionado anteriormente, a fenologia da cana-de-açúcar após o primeiro corte (cana soca) dificulta a incorporação, uma vez que a mobilização destrói atributos físicos e químicos favoráveis ao canavial, fato este que leva pesquisadores a projetarem e desenvolverem novas tecnologias de aplicação.

Em resposta à dificuldade da incorporação do calcário na cana soca, a calagem superficial tem propiciado melhorias no ambiente radicular e na produtividade. Silva (2019), em estudo sobre a calagem em genótipos de cana-de-açúcar na primeira soca, verificou que vários genótipos da cultura responderam positivamente à aplicação do calcário na superfície, acarretando o aumento na produtividade.

## **2.4 Importância da gessagem na cultura da cana-de-açúcar**

O gesso agrícola ou fosfogesso é utilizado como condicionador de solo pois disponibiliza cálcio (Ca) e enxofre (S) em profundidade como consequência ocorre o aumento dos teores de Ca em relação aos teores de alumínio presentes amenizando a toxicidade do alumínio.

O produto apresenta alta percolação através do perfil do solo, por ser composto comumente de sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), sendo um sal neutro solúvel em água, portanto dissolve facilmente na ocorrência de chuva penetrando no solo, o que usualmente resulta no rompimento de barreiras químicas.

Segundo Garcia (2018), usualmente, durante a implantação do canavial, a calagem é realizada baseada nas camadas superficiais (em torno de 40 cm), desconsiderando-se as camadas inferiores, ainda que a cana-de-açúcar possua extensão de raízes que ultrapassam 100 cm de penetração, resultando em uma limitação do ambiente para o desenvolvimento radicular da cultura já na implantação do canavial.

A aplicação do gesso na cana-de-açúcar, objetivando o rompimento da barreira química do solo em profundidade, deve-se realizar preferencialmente após a calagem, ou pelo menos junto a ela, podendo ser direcionada tanto para a cana planta como para as soqueiras, dependendo do planejamento e da condução da lavoura (DIAS; ROSSETO, 2006).

Morelli et al., (1992) estudando doses de calcário e gesso, em Latossolo Vermelho-Escuro Álico no município de Lençóis Paulista-SP, observaram com base nas análises químicas ao longo do perfil do solo, que os tratamentos com a adição do gesso agrícola resultaram no aumento de teores de cálcio distribuídos ao longo do perfil do solo e o magnésio foi deslocado para camadas mais profundas.

Carvalho et al. (2013) analisou os aspectos de produtividade de cana soca em função do uso de gesso e vinhaça, concluindo que houve elevação nos teores de potencial hidrogeniônico (pH), potássio ( $\text{K}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ), alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e valores de saturação por base (V%) e saturação por alumínio (m%), nas camadas de 00-20 cm e 20-40 cm de profundidade.

Nesse cenário, as expectativas positivas da gessagem em cana soca têm se mostrado cada vez mais presentes nos ambientes de produção da cultura. Com isso, a pesquisa em relação ao uso de gesso agrícola em canaviais tem sido instigada, buscando-se o crescimento produtivo e, conseqüentemente, o beneficiamento dos solos cultivados.

## **2.5 Uso de óxidos na cultura da cana-de-açúcar**

A aplicação de óxidos em soqueiras tem ganhado cada vez mais atenção de produtores e usinas. A busca pela otimização no uso de corretivos de acidez dos solos, atualmente, tem grandes expectativas com a aplicação de óxidos de cálcio ( $\text{CaO}$ ) e óxidos de magnésio

(MgO). Conforme mencionado anteriormente, estão presentes nos produtos chamados de cal virgem agrícola e cal hidratada agrícola.

Os óxidos ganham destaque ao serem comparados com a incipiente solubilidade do calcário. Tal vantagem trata-se da menor necessidade em volume de chuvas para dissolução do produto, sendo que o fornecimento de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) é acelerado.

A alta reatividade facilita o planejamento operacional de usinas e produtores de cana. Esse tipo de calcário precisa de pouca chuva – em torno de 200 mm – para ser solubilizado, enquanto o convencional requer um volume entre 2000 a 3000 mm de chuva, compara Pardiniho (2020).

Diante desse panorama, a DMB Máquinas e Implementos Agrícolas LTDA acolheu em seu portfólio o Distribuidor de Adubo em Profundidade e Calcário Superficial, o qual apresenta a funcionalidade de aplicação do calcário em superfície na linha da cana-de-açúcar.

O calcário de alta reatividade é utilizado por apresentar um bom escoamento do produto nos dutos de aplicação. Inclusive, a dose do produto tem como principal finalidade suprir a quantidade de cálcio e magnésio exportados pela cultura (PORTAL CANAONLINE, 2020).

Figura 1 - Modelo de distribuidor de adubo em profundidade e superficial.



Fonte: DMB (2020)

Figura 2 - Realização da calagem em linha pelo Distribuidor de Adubo em Profundidade e Calcário Superficial



Fonte: DMB (2020)

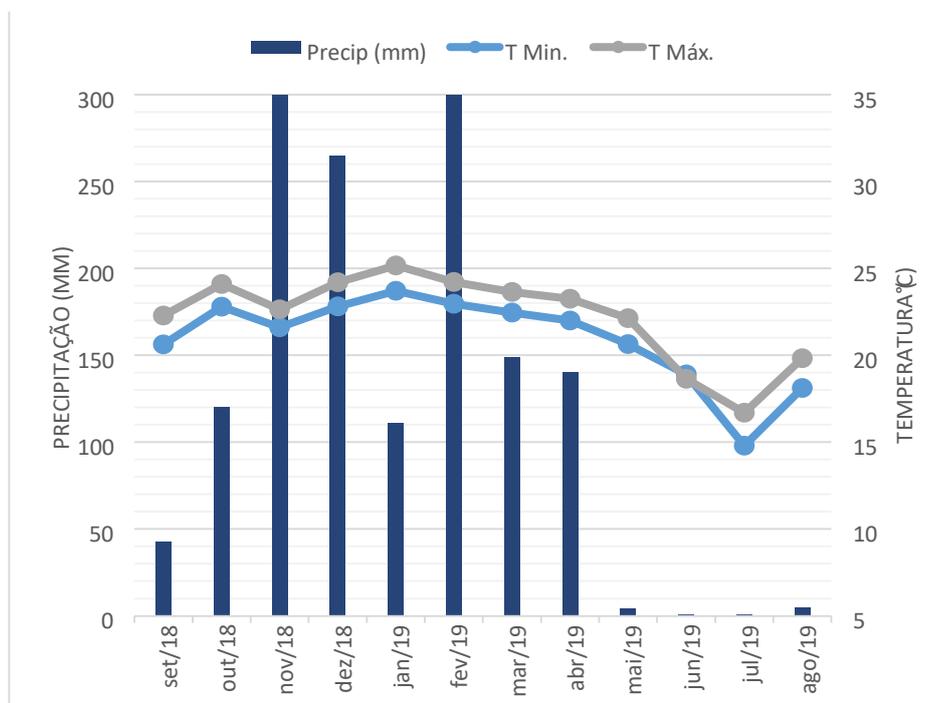
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local e método de condução

O experimento foi instalado em área com solo representativo da região do Cerrado Mineiro, com cana soca após o quinto corte. A localidade de condução do ensaio foi na unidade industrial da Usina Bambuí Bioenergia S/A (20°01'17"S / 45°57'39"O; altitude = 725 m), no município de Bambuí, Minas Gerais. De acordo com Koppen (1948) o clima do município recebe a classificação de Cwa (C = subtropical ou mesotérmico, w = com seca no inverno, a = verão quente).

As temperaturas médias apresentadas na região durante o período de realização das etapas do experimento, setembro de 2018 (corte da cana, 5C) até setembro de 2019 (primeiro ano de avaliação), assim como as precipitações pluviométricas médias, estão apresentadas na Figura 3.

Figura 3 - Temperaturas médias e precipitações pluviométricas do período de realização do experimento, safra 2018/19, Bambuí-MG.



Fonte: INMET/BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, estação de Lavras (2020).

A caracterização química do solo da área, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm encontra-se na Tabela 1, que segue abaixo.

Tabela 1 – Análise química do solo da área experimental, safra 2018/19 - Bambuí, MG<sup>1</sup>.

Prof.	pH	P (rem)	P (M-1) <sup>2</sup>	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	T	V	m
cm	CaCl <sub>2</sub>	-----mg dm <sup>-3</sup> -----		-----cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----								-----%-----
0-20	4,4	10,8	1,1	124,0	1,53	0,38	2,00	12,04	2,2	14,3	15,6	47,3
20-40 <sup>1</sup>	4,5	5,3	0,5	80,0	1,11	0,30	2,50	14,37	1,6	16,0	10,1	60,8

<sup>1</sup>Teor de argila 51,7%, areia 13,8% e silte 34,5%.

<sup>2</sup>Mehlich 1.

Fonte: Do autor (2020).

O experimento foi conduzido em delineamento blocos completos, esquema de parcelas subdivididas, com quatro repetições. As parcelas foram compostas pela presença ou ausência de aplicação do gesso agrícola. As subparcelas corresponderam a quatro fontes de corretivos de solo da empresa Votorantim Cimentos (Tabela 2), sendo adicionado um tratamento controle (sem calcário - V% inicial do solo) somando, portanto, 10 tratamentos e um total de 40 parcelas (Tabela 3).

Tabela 2 - Fontes de corretivos aplicadas no experimento na Usina Bambuí - MG, 2018/2019.

Corretivo	PRNT (%)	PN (%)	CaO (%)	MgO (%)	Ton/ha
Calcário Itaú Dolomítico	95	100	43 a 45	8 a 11	8,2
Cal Fértil HP - ITM <sup>1</sup>	127	130	53	12	6,1
Cal Fértil VP - ITP <sup>2</sup>	160	164	48	32	4,9
Cal Fértil VF - LAV <sup>3</sup>	160	164	48	32	4,9

Dose dos corretivos a serem determinados sob análise do solo prévia.

Fonte: Do autor (2020).

<sup>1</sup> Produto referente a cal hidratada micro pulverizada de Itaú de Minas – MG.

<sup>2</sup> Produto referente a cal virgem micro pulverizada de Itapeva – MG.

<sup>3</sup> Produto referente a cal virgem farelada de Itapeva – MG.

Tabela 3– Tratamentos utilizados no experimento. Bambuí – MG, 2018/2019.

<b>Tratamento</b>	<b>Corretivos</b>
1	Sem calcário + sem gesso
2	Sem calcário + com gesso
3	Calcário Itaú Dolomítico + sem gesso
4	Calcário Itaú Dolomítico + com gesso
5	Cal Fértil HP - ITM + sem gesso
6	Cal Fértil HP - ITM + com gesso
7	Cal Fértil VP - ITP + sem gesso
8	Cal Fértil VP - ITP + com gesso
9	Cal Fértil VF - LAV + sem gesso
10	Cal Fértil VF - LAV + com gesso

Fonte: Do autor (2020).

As doses de calcário foram calculadas para elevar a saturação de bases (V%) a 70% na camada de 00 – 20 cm. Para a gessagem foi fixado uma dose de 3 t.ha<sup>-1</sup>. Os corretivos e o condicionador foram aplicados em uma única vez em linha, após a colheita do quinto corte (5C) e de forma manual (FIGURA 4 e FIGURA 5).

Figura 4 – Visual parcial do ensaio na área da Usina Bambuí.



Fonte: Do autor (2020)

Figura 5 - Aplicação dos corretivos e o condicionador em uma única vez em linha



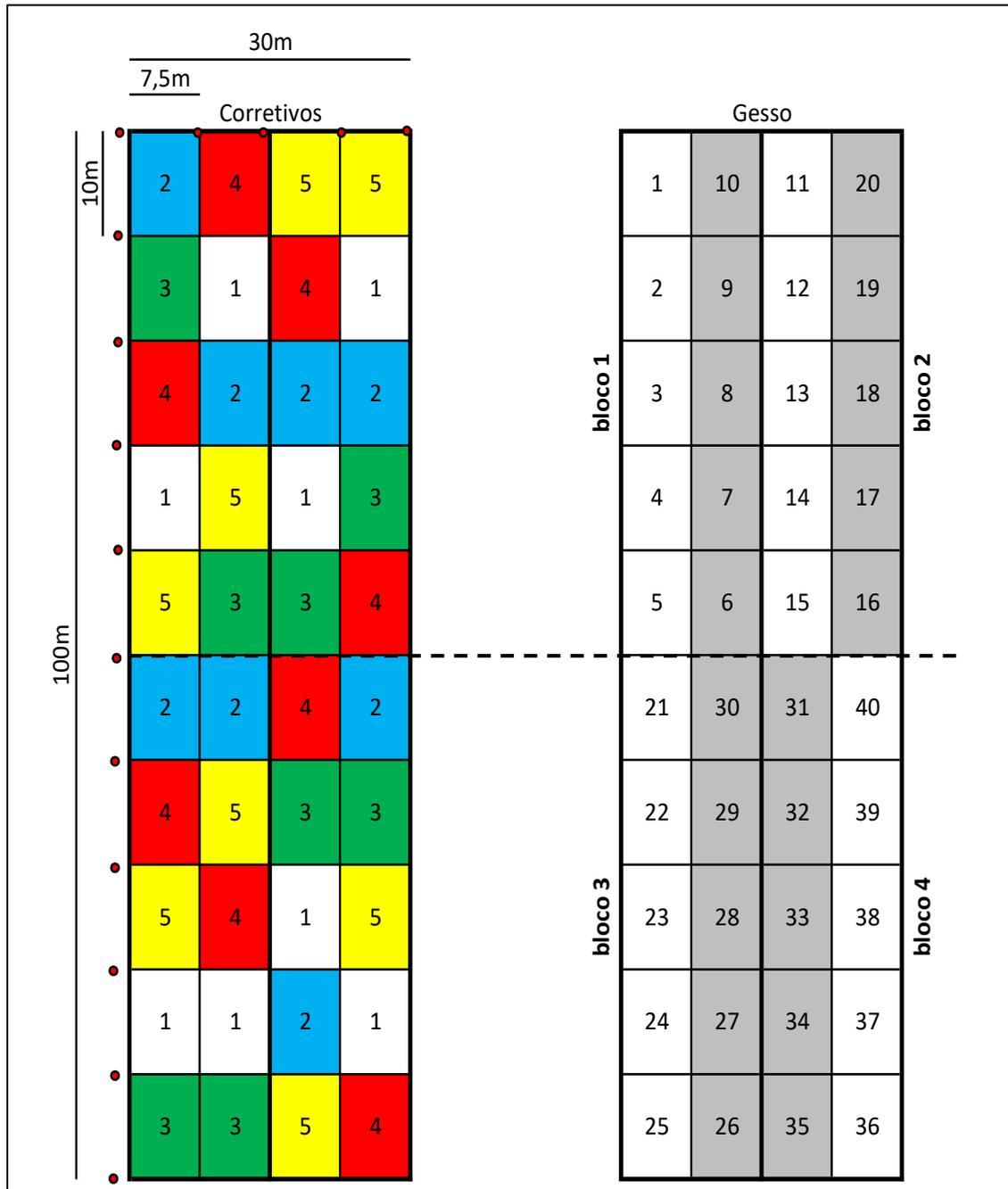
Fonte: Do autor (2020)

A colheita da cana-de-açúcar foi realizada no dia 06/09/2018 e a aplicação dos corretivos e o condicionador de solo foi feita dia 11/12/2018. Foram demarcadas as parcelas de 75 m<sup>2</sup> (5 linhas espaçadas de 1,5 m e 10,0 m de comprimento), com área útil da parcela 36 m<sup>2</sup>, considerando-se 3 linhas centrais (excluindo um metro de cada extremidade da parcela) (FIGURA 6).

Na área do experimento foi utilizada a variedade de cana-de-açúcar CTC 2, a qual se destaca pela produtividade, aptidão ao plantio mecanizado e tolerância à cigarrinha das raízes, broca e *sphenophorus* (CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA, 2018).

A realização do manejo de pragas, doenças, plantas daninhas e adubação foi de acordo com as normas presentes na usina.

Figura 6 - Croqui da área experimental



Legenda: O croqui representado pelas subparcelas coloridas refere-se às fontes de calcário. No croqui de parcelas de 1 a 40, a cor cinza representa a aplicação de gesso e a cor branca representa a ausência de aplicação de gesso.

Fonte: Do autor (2020).

### **3.2 Avaliação da fertilidade do solo**

As amostras de solo foram retiradas da camada de 0-20 cm, após o corte, identificadas, armazenadas e enviadas ao laboratório. Sendo retirado seis pontos por parcela, com auxílio do trado, de onde fez-se a amostragem composta. A avaliação consistiu na observação dos teores de pH, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Acidez potencial (H + Al), Saturação por bases (V%), e Enxofre (S).

### **3.3 Análises estatísticas**

Os resultados foram avaliados pelo teste F, e, a partir das médias comparadas pelo teste de agrupamento Scott-Knott, com significância a 10%. Todos os cálculos foram efetuados utilizando-se o programa Sisvar® (FERREIRA, 2011).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de pH, saturação por bases (V%), acidez potencial (H + Al) e o teores de alumínio (Al), não diferiram entre as fontes de corretivos agrícolas, apresentando diferença significativa apenas em relação ao tratamento controle. Entretanto, para os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), e enxofre (S), houve diferenças significativas entre as fontes de corretivos (TABELA 4).

Tabela 4 - Valores médios dos teores de pH, Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Alumínio (Al), Acidez potencial (H + Al), Saturação por bases (V%), e Enxofre (S), observados na análise de solo posterior ao 6º corte. Bambuí - MG, 2018/2019.

Corretivos	pH	Ca	Mg	Al	H + Al	V	S
	H <sub>2</sub> O	cmolc/dm <sup>3</sup>				%	mg/dm <sup>3</sup>
1 – Sem calcário	4,72 b <sup>1</sup>	1,50 b	0,47 c	1,32 b	9,98 b	17,85 b	13,59 a
2 – Calcário Itáu Dolomítico	5,11 a	2,92 a	0,95 b	0,29 a	5,63 a	43,87 a	10,76 b
3 – Cal Fértil HP – ITM	5,30 a	3,33 a	1,45 a	0,43 a	5,55 a	50,74 a	7,98 b
4 – Cal Fértil VP – ITP	5,03 a	2,13 b	1,48 a	0,52 a	6,49 a	41,98 a	12,91 a
5 – Cal Fértil VF – LAV	5,16 a	2,01 b	1,65 a	0,30 a	5,30 a	44,14 a	9,32 b
Gesso							
Sem	5,17 a	2,68 a	1,26 a	0,49 a	6,15 a	42,78 a	5,70 b
Com	4,95 b	2,08 b	1,14 a	0,65 a	7,03 a	36,66 a	16,13 a
C.V. 1 (%)	3,43	22,45	26,28	86,13	34,30	18,12	46,09
C.V. 2 (%)	5,79	28,06	24,08	62,39	28,59	24,31	31,33
Média Geral	5,06	2,38	1,20	0,57	6,59	39,72	10,91

<sup>1</sup>médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 10% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2020).

O pH no tratamento controle, sem aplicação de calcário, mostrou diferença significativa em relação às demais fontes de corretivos. A explicação para esse fato pode ser abordada através das limitações que os solos brasileiros, sem o uso de corretivos de acidez, possuem para conseguir elevar o pH, sendo a prática da calagem fundamental nesse sentido.

Almeida (2018) analisou variedades de cana-de-açúcar em relação à aplicação de calcário. As parcelas foram constituídas pelo fator calcário e as subparcelas constituídas pelo fator genótipo. As variedades SP79-1011 e RB93509 apresentaram maiores teores de TCH (toneladas de colmos por hectare) com a utilização de calcário, o que mostra a resposta positiva da aplicação de calcário na cultura da cana-de-açúcar.

A presença de elevado teor de alumínio (Al) e acidez potencial (H + Al) no tratamento controle reflete na ausência de utilização de corretivos de solo. Contudo, pode-se observar

que os teores apresentam amenização nos demais tratamentos em relação ao controle, fato este explicado pelo poder de neutralização que as fontes de corretivos apresentam. Entretanto, o Calcário Itaú Dolomítico foi o que apresentou o menor teor de alumínio, ainda que não tenha ocorrido diferença significativa entre os corretivos, como apresentado na Tabela 4.

A saturação de bases (V%) não apresentou diferença significativa entre as fontes, somente ao tratamento controle. O fornecimento de cálcio e magnésio oriundos do uso de calcário pode ter influenciado na elevação de V%, expondo-se a dificuldade de elevação desse teor sem o uso dos corretivos.

A presença de gesso dos tratamentos acarretou a elevação do teor de enxofre (S) na camada de 00-20 cm em relação aos tratamentos sem o condicionador de solo. Quanto ao valor de pH, nas parcelas com ausência de gesso foram obtidos maiores valores em relação aos tratamentos com a aplicação gesso, que tiveram menores resultados. Isto pode ser explicado pela formação de ácido sulfúrico proveniente das moléculas de sulfato no fornecimento do gesso, aumentando a acidez.

Comportamento semelhante ao do parágrafo anterior foi visualizado para os teores de cálcio, sendo que, sob ausência de gesso, observou-se valor significativamente superior. Este resultado pode ser explicado pelo fato de que os íons de Ca se deslocaram para camadas mais profundas em decorrência das moléculas de sulfato fornecidas pelo gesso agrícola. A análise de dados futuros poderá indicar com maior riqueza de detalhes e evidenciar, ou não, o efeito estatisticamente superior de determinado corretivo acerca da lixiviação de Ca em cana soca.

Fernandes, Freire e Costa (2007) analisaram o gesso mineral como fonte de enxofre para a cultura da cana-de-açúcar. Os ensaios foram conduzidos na Zona da Mata de Pernambuco, utilizando os tratamentos em cada ensaio constituíram-se da combinação de 5 doses de enxofre, com 3 repetições, sendo as doses de enxofre consequências da definição das doses de gesso agrícola. Contudo, concluíram que as doses de enxofre foram suficientes para o fornecimento de enxofre para a cana-de-açúcar.

Para os demais quesitos, não foram constatadas diferenças entre ausência ou presença do condicionador de solo. O gesso agrícola não corrige a acidez do solo e, portanto, não substitui a utilização do calcário agrícola. Todavia, por possuir maior solubilidade em relação ao calcário, é uma ótima fonte de enxofre e cálcio para a nutrição da cultura da cana-de-açúcar (DIAS; ROSSETTO, 2006).

Os resultados da Tabela 5 apresentam as interações observadas entre a presença ou ausência de gesso e as fontes de corretivo, ao passo que foram significativas para cálcio (Ca), magnésio (Mg) e saturação por bases (V%).

Tabela 5 – Resultados médios dos teores de Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), e Saturação por bases (V%) observados na análise de solo posterior ao 5º corte. Bambuí - MG, 2018/2019.

	Corretivos	Gesso	
		Sem Gesso	Com Gesso
Ca (cmolc.dm <sup>3</sup> )	Sem Calcário	1,62 Ac	1,38 Aa
	Calcário Itaú Dolomítico	3,26 Ab	2,58 Aa
	Cal Fértil HP - ITM	4,83 Aa	1,83 Ba
	Cal Fértil VP - ITP	2,04 Ac	2,21 Aa
	Cal Fértil VF - LAV	1,63 Ac	2,40 Aa
Mg (cmolc.dm <sup>3</sup> )	Sem Calcário	0,49 Ac	0,46 Ac
	Calcário Itaú Dolomítico	1,09 Ab	0,81 Ab
	Cal Fértil HP - ITM	1,81 Aa	1,09 Bb
	Cal Fértil VP - ITP	1,40 Aa	1,56 Aa
	Cal Fértil VF - LAV	1,52 Aa	1,78 Aa
V (%)	Sem Calcário	18,89 Ac	16,81 Ab
	Calcário Itaú Dolomítico	47,69 Ab	40,05 Aa
	Cal Fértil HP - ITM	67,86 Aa	33,61 Ba
	Cal Fértil VP - ITP	39,22 Ab	44,75 Aa
	Cal Fértil VF - LAV	40,22 Ab	48,06 Aa

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferiram estatisticamente pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Fonte: Do autor (2020).

Avaliando-se os dados dos tratamentos controle, independentemente da presença ou ausência de gesso, não expuseram diferenças significativas nos valores de Ca, Mg e V%.

O tratamento com Cal Fértil HP apresentou comportamento significativamente superior quando da ausência de gesso para os teores de Ca, indicando valor aproximadamente 264% superior em relação àquele sob a presença do condicionador. Resultados semelhantes com o mesmo corretivo, onde observam-se valores superiores na ausência do condicionador, são apresentados para Mg e V%, sendo que o tratamento controle e as demais fontes não diferiram, tanto na ausência quanto na presença de gesso.

Avaliando os resultados dos corretivos não associados ao gesso e os teores de cálcio, percebe-se resultado significativamente superior por parte da Cal Fértil HP em relação aos demais, seguida pelo Calcário Itaú Dolomítico.

Ainda para o Ca, quando sem gesso, os demais tratamentos não diferiram entre si e apresentaram os menores teores deste macronutriente. Quanto à gessagem, não foram observadas diferenças significativas entre os corretivos.

Para os teores de magnésio na ausência de gesso, os três tratamentos à base de Cal Fértil exerceram efeito semelhante e associaram-se aos maiores teores. Em seguida e em posição intermediária para o quesito em questão, tem-se o Calcário Itaú Dolomítico. Quanto ao resultado, os tratamentos à base de Cal Fértil apresentaram maiores teores de Mg, pois possuem percentuais mais elevados de MgO em suas formulações (Tabela 2).

Contrariamente ao observado para cálcio, os teores de Mg na presença de gesso apresentaram diferenças significativas entre os corretivos, sendo que Cal Fértil VP e VF se destacaram com significância. Logo após e semelhantes entre si, tem-se Calcário Itaú Dolomítico e Cal Fértil HP. Por último, o tratamento sem controle se associou aos menores valores de magnésio.

Já para os valores de V% sem aplicação de gesso, verificou-se diferença significativa para Cal Fértil HP em relação aos demais tratamentos. Seguindo a tendência, a ausência de corretivo sob essa condição apresentou a menor média para o quesito, enquanto os demais corretivos foram estatisticamente iguais entre si.

O comportamento dos corretivos com a gessagem foi semelhante entre todos os corretivos, variando significativamente apenas para o tratamento controle, que se associou aos menores valores de saturação por bases.

Novas avaliações poderão contribuir para melhores esclarecimentos acerca dos efeitos dos corretivos, em especial da Cal Fértil HP, tratamento que se destacou individualmente em relação aos teores de cálcio e saturação por bases sob a condição sem gesso. Ainda, para Ca e V% na ausência de gesso, o produto apresenta as maiores médias dentre todos os tratamentos, e infere-se que isso se relacione com a redução dos teores de alumínio a proporções estatisticamente iguais aos demais corretivos. Ainda na condição sem gesso, o citado corretivo também está ligado aos maiores teores de Mg. Porém, na condição com gesso o resultado não é o mesmo.

As aplicações de Cal Fértil HP com gesso promoveram menores valores de Ca, Mg e V% quando comparadas à associação sem gesso. Isso possivelmente ocorreu em razão da Cal Fértil HP ser a base de hidróxidos, o que causa uma reação acelerada em comparação às demais fontes. O fato de a Cal Fértil HP ocasionar uma reação acelerada pode ter auxiliado na ação da molécula de sulfato, presente no gesso agrícola, como agente lixiviador, diminuindo os valores de Ca, Mg e V% nas camadas de 00-20 cm de profundidade.

## 5 CONCLUSÃO

Na presença de gesso, Cal Fértil VP – ITP e Cal Fértil VF – LAV melhor contribuem para os teores de cálcio, magnésio e saturação por bases.

O corretivo Cal Fértil HP – ITM quando sem gesso, proporciona as maiores médias gerais de cálcio, magnésio e saturação por bases, mostrando-se o corretivo de melhor ação sobre cana soca após 6º corte.

## REFERÊNCIAS

ALCARDE, J. C. **Corretivos da acidez dos solos: características e interpretações por J. C. Alcarde**. São Paulo: ANDA, publicado em novembro de 2005. Disponível em: [http://anda.org.br/wp-content/uploads/2019/03/boletim\\_06.pdf](http://anda.org.br/wp-content/uploads/2019/03/boletim_06.pdf). Acesso em: 02 de dez. de 2020.

ALMEIDA, L. J. M. D. **Calagem e adaptação de genótipos de *Saccharum officinarum* no brejo paraibano**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia)– Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2018. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/14795/1/LJMA21062019.pdf>. Acesso em: 05 de dez. de 2020.

ANDRADE, L. A. de B. **Cultura da cana-de-açúcar**. In: CARDOSO, M. das G. (Ed.) *Produção de aguardente de cana-de-açúcar*. Lavras: UFLA, 2001, p. 19-49.

BARBOSA, R. R.; LUDWIG, M. P.; LORETO, M. d. D. S. d.; JÚNIA, M. M. d. S.. **Mudanças percebidas nos ecossistemas rurais do município de Bambuí/MG, face à implantação de uma usina alcooleira na região**. Publicado em 2011. Disponível em: [https://www.bambui.ifmg.edu.br/jornada\\_cientifica/2011/resumos/outras/55.pdf](https://www.bambui.ifmg.edu.br/jornada_cientifica/2011/resumos/outras/55.pdf). Acesso em: 05 de dez. de 2020.

CARVALHO, Juliana Mariano et al. **Produtividade de cana soca sem queima em função do uso de gesso e vinhaça**. Publicado em novembro de 2013 pela Universidade Estadual Paulista (Unesp). Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/pat/v43n1/01.pdf>. Acesso em: 05 de dez. de 2020.

CENTRO DE TECNOLOGIA CANAVIEIRA. **Bula Técnica Variedades**. Disponível em: <https://ctc.com.br/produtos/wp-content/uploads/2018/09/Bula-CTC2.pdf>. Acesso em: 05 de fev. de 2021.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-açúcar**. V7- Safra 2019-2020- Terceiro levantamento. Publicado em: dezembro de 2020. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 16 de dez. de 2020.

DIAS, Fábio Luis F.; ROSSETO, Raffaella. **Calagem e adubação da cana-de-açúcar**. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba: Prol Editora Gráfica, p. 107-119, 2006.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. FAO. *Irrigation and Drainage Paper*, 33. Rome, 1979. 193p.

FERNANDES, Michelangelo Bezerra; FREIRE, Fernando José; COSTA, Fabrícia Gratyelli. **Gesso mineral como fonte de enxofre para cana-de-açúcar**. Publicado por: Revista

Caatinga, ISSN 0100-316X. 2007. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=237117664016>. Acesso em: 13 de dez. de 2020.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: um sistema computacional de análise estatística**. Ciênc. agrotec, vol.35, n.6, 2011, p.1039-1042.

GARCIA, Ciro Pozzi. **Efeitos do preparo profundo do solo e da calagem na compactação do solo e na produtividade da cana-de-açúcar**. Dissertação (mestrado) - Faculdade de Ciências Agrônomicas. Universidade Estadual Paulista: Botucatu, 2018. Disponível em: [https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152925/garcia\\_cp\\_me\\_botfca.pdf;jsessionid=28DB7098937D70D937181609294F094C?sequence=3](https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/152925/garcia_cp_me_botfca.pdf;jsessionid=28DB7098937D70D937181609294F094C?sequence=3). Acesso em: 05 de dez. de 2020.

MARIN, Fábio Ricardo. **Relação entre cultura e clima**. AGEITEC – Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Publicado em 2019. Disponível em: [https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_10\\_711200516716.html](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_10_711200516716.html). Acesso em: 10 de dez. 2020.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA (MME). **Balanco Energético Nacional**. Publicado em: 2020. Disponível em: [https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020\\_sp.pdf](https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-479/topico-528/BEN2020_sp.pdf). Acesso em: 16 de dez. de 2020.

MORELLI, J. L. et al.. **Calcário e gesso na produtividade da cana-de-açúcar e nas características químicas de um latossolo de textura média álica**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1992, p. 187-194.

MOZAMBANI, A. E. et al.. **História e morfologia da cana-de açúcar**. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Prol Editora Gráfica, 2006, p. 11-18.

PARAHYBA, Ricardo Eudes. **Calcário Agrícola**. Publicado em 07 de janeiro de 2013. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/outras-publicacoes-1/7-1-2013-calcario-agricola>. Acesso em: 02 de dez. de 2020.

PARDINHO, Auro. **Uso de óxidos e adubo na soqueira gera benefícios para o canavial**. Revista CanaOnline. Publicado em: 18 de set. de 2020. Disponível em: <http://www.canaonline.com.br/conteudo/uso-de-oxidos-e-adubo-na-soqueira-gera-beneficios-para-o-canavial.html>. Acesso em: 11 de dez. de 2020.

PENATTI, Claudemir Pedro. **Adubação da Cana-de-açúcar: 30 anos de experiência**. Ituverava-SP: Ottoni Editora, p. 189-190, 2013.

PORTAL CANAONLINE. **Uso de óxidos e adubo na soqueira gera benefícios para o canavial**. Publicado em 18 de set. de 2020. Disponível em:

<http://www.canaonline.com.br/conteudo/uso-de-oxidos-e-adubo-na-soqueira-gera-beneficios-para-o-canavial.html>. Acesso em: 07 de dez. de 2020.

PRIMAVESI, Ana Cândida. **Características de corretivos agrícolas.** São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2004. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/61985/1/Doc37ACP2004.pdf>. Acesso em: 10 de dez. 2020

REVISTA BRASILEIRA DE CLIMATOLOGIA. **Classificação Climática de Köppen e de Thornthwaite para Minas Gerais: Cenário atual e projeções futuras.** Publicado em novembro de 2018. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/328913917\\_Classificacao\\_climatica\\_de\\_Koppen\\_e\\_de\\_Thornthwaite\\_para\\_Minhas\\_Gerais\\_Cenario\\_atual\\_e\\_projecoes\\_futuras](https://www.researchgate.net/publication/328913917_Classificacao_climatica_de_Koppen_e_de_Thornthwaite_para_Minhas_Gerais_Cenario_atual_e_projecoes_futuras). Acesso em: 05 de dez. de 2020.

RIBEIRO, Antonio Carlos; GUIMARÃES, Paulo Tácio G.; ALVAREZ V., Victor Hugo. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. 5ª aproximação.** Viçosa, 1999, p. 45.

ROCHA, Alexandre Tavares da. **Gesso mineral na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar e implicações na produtividade agrícola e industrial.** Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2007. Disponível em: <http://www.tede2.ufrpe.br:8080/tede2/bitstream/tede2/4884/4/Alexandre%20Tavares%20da%20Rocha.pdf>. Acesso em: 05 de dez. de 2020.

ROSSETTO, Raffaella et al.. **Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com adubação potássica.** *Bragantia*, Campinas-SP, p. 113, 2004. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/brag/v63n1/a11v63n1.pdf>. Acesso em: 13 de dez. de 2020.

SEGATO, Silvelena Vanzolini; MATTIUZ, Claudia F. M.; MOZAMBANI, Amália E. **Aspectos Fenológicos da cana-de-açúcar.** In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: Prol Editora Gráfica, 2006, p. 20-23.

SILVA, Edson de Souza. **Calagem em genótipos de cana-de-açúcar na primeira soca.** Universidade Federal da Paraíba, Areia, 29 de outubro de 2019. Disponível em: [https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16827?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16827?locale=pt_BR). Acesso em: 02 de dez. de 2020.

SILVA, Fábio Cesar da; ALVES, Bruno Jose Rodrigues; FREITAS, Pedro Luiz de. **Sistema de produção mecanizada da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos. Volume 1.** Publicado por Embrapa, 2015. Disponível em: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00055280.pdf>. Acesso em: 07 de dez. de 2020.

SILVA, Fábio Cesar da, et al.. **Sistema mecanizado da cana-de-açúcar integrada à produção de energia e alimentos.** Publicado por Embrapa, 2017. Disponível em:

<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1079057/sistema-mecanizado-da-cana-de-acucar-integrada-a-producao-de-energia-e-alimentos>. Acesso em: 05 de dez. de 2020.