UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CAMPUS II – AREIA-PB
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA

MARIA DAS GRAÇAS ARAÚJO DOS SANTOS

CALAGEM EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BREJO PARAIBANO

AREIA-PB
2020

MARIA DAS GRAÇAS ARAÚJO DOS SANTOS

CALAGEM EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BREJO PARAIBANO

Trabalho de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Orientador: Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias.
Co-orientador: Me. Ramon Freire da Silva.

AREIA-PB
2020

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S237c Santos, Maria Das Gracas Araujo Dos.
Calagem em latossolo vermelho-amarelo cultivado com variedades de cana-de-açúcar no Brejo paraibano / Maria Das Gracas Araujo Dos Santos. - Areia:UFPB/CCA, 2020.
44 f. : il.

Orientação: Bruno de Oliveira Dias.
Coorientação: Ramon Freire da Silva.
Monografia (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Calcário. 2. Manejo da Adubação. 3. Corretivo do solo. I. Dias, Bruno de Oliveira. II. Silva, Ramon Freire da. III. Título.

UFPB/CCA-AREIA CDU 631/635(02)

Elaborado por EDILSON TARGINO DE MELO FILHO - CRB-15/686

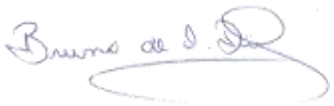
MARIA DAS GRAÇAS ARAÚJO DOS SANTOS

CALAGEM EM LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO CULTIVADO COM VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR NO BREJO PARAIBANO

Trabalho de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheira Agrônoma.

Aprovado em: 03/12/2020

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias (Orientador)
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
DSER/CCA

Prof. Dr. Fabio Mielezrski
Universidade Federal da Paraíba (UFPB)
DFCA/CCA

Dr. Tiago de Carvalho Pessoa
Engenheiro Agrônomo - Doutor em Ciência do Solo

A meus familiares, em especial aos meus pais Sebastião Araújo dos Santos e Josefa Miranda dos Santos, pelo incentivo, dedicação e amor incondicional. DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela dádiva da vida e por estar sempre junto a mim, me fortalecendo a cada barreira imposta em meu caminho.

Aos meus pais Sebastião Araújo dos Santos e Josefa Miranda dos Santos pela dedicação e amor incondicional, por nunca me deixarem faltar nada em nenhum momento de minha trajetória, mesmo diante das dificuldades. Devo a eles tudo que sou, pois, essa conquista também é deles.

Aos meus irmãos Felipe Araújo dos Santos e Fábio Araújo dos Santos pelo amor, cumplicidade e companheirismo.

A meu namorado Ítalo Luis de Melo Silva pelo amor, paciência, companheirismo e dedicação a mim concedido.

Aos amigos e irmãos(as) de coração Cristina, Manuel Ricardo (Juninho), Bianca, Achilem e Fabiano por toda amizade e momentos de alegria ao longo dessa jornada.

A meu orientador Prof. Dr. Bruno de Oliveira Dias por todos os ensinamentos profissionais e pessoais que levarei para o resto da minha vida.

A meu Co-orientador Me. Ramon Freire da Silva por todos os ensinamentos e amizade.

A toda a equipe do Laboratório de Matéria Orgânica do Solo em especial a professora Vânia, Renato, Kalline e Rodolpho por toda amizade e ensinamentos na realização deste e outros trabalhos.

Ao Prof. Dr. Fabio Mielezrski pela disponibilidade de tempo e as contribuições dadas a este trabalho.

Ao Dr. Tiago de Carvalho Pessoa pela disponibilidade de tempo e as contribuições dadas a este trabalho.

A Universidade Federal da Paraíba pela oportunidade de realizar um curso superior.

“Só quem for humilde, será capaz de aprender o que não sabe ainda”.

Santo Agostinho

RESUMO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, apresentando extensas áreas cultiváveis aliadas a um clima favorável o país produziu na safra de 2019/2020, 642.7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 29,8 milhões de toneladas de açúcar e 1,6 bilhões de litros de etanol. A cana-de-açúcar possui uma participação equivalente a 38,9% das atividades agrícolas do Brejo Paraibano, assim, é considerada a cultura de maior domínio na microrregião. A prática da calagem corresponde a um manejo fundamental para a melhoria da fertilidade dos solos tropicais nos quais são instaladas as áreas de cultivo da cana-de-açúcar. Desta forma o trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos da prática da calagem nos atributos químicos de Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico cultivado com cana-de-açúcar no brejo paraibano e o seu efeito na absorção de macronutrientes em quatro variedades de cana-de-açúcar cultivados no brejo paraibano. O experimento foi organizado em delineamento experimental utilizando blocos casualizados com 20 tratamentos organizados em parcela subdividida constituídas por 10 variedades e 2 condições de uso do solo (com e sem calagem), com quatro repetições. A parcela foi constituída pelo fator calcário e a subparcela constituída pelo fator variedade. A adubação bem como a aplicação do calcário foram feitas com base na análise de solo. A quantidade de 2,8 t ha-1 de calcário foi distribuído uniformemente de acordo com os tratamentos, com adubação de cobertura aos 90 dias após o corte da cana planta, com 280 kg ha-1 de N, 152,83 kg ha-1 P e 133,33 kg ha-1 de K para a manutenção do experimento em cana soca. A amostragem experimental foi realizada nas áreas de cultivo dos variedades: RB93509; RB002754; RB962962; SP79-1011, devido esses terem apresentando maior aporte produtivo na cana-planta. Foram amostrados três pontos dentro de cada subparcela, sendo os pontos amostrais posicionados nas extremidades e no intermédio de cada subparcela. Em cada ponto amostral foi realizada a coleta de amostras de solo na profundidade de 0-20 cm totalizando ao final 96 amostras. A calagem propiciou elevação no pH (16%) bem como aumento significativo nos teores de Ca (30%), Mg (18%) além de reduzir os teores de K (19%) e Al (14,7%). Contudo, a calagem não se expressou significativamente sobre a CTC do solo. A concentração nutricional das variedades analisados apresentou significância para os teores de N e K. A prática da calagem promoveu alterações no pH e aumentos significativos nos teores nutricionais para Ca e Mg.

Palavras-Chave: Calcário. Manejo da Adubação. Corretivo do solo.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer of sugarcane, with extensive cultivable areas combined with a favorable climate, the country produced 642.7 million tons of sugarcane in the 2019/2020 harvest, 29.8 million tons of sugar and 1.6 billion liters of ethanol. Sugarcane has a participation equivalent to 38.9% of the agricultural activities of Brejo Paraibano, thus, it is considered the most dominant crop in the micro-region. The practice of liming corresponds to a fundamental management for the improvement of the fertility of tropical soils in which the sugarcane cultivation areas are installed. In this way, the work aimed to evaluate the effects of liming on the chemical attributes of Red-Yellow Dystrophic Oxisol cultivated with sugarcane in the Paraíba swamp and its effect on macronutrient absorption in four sugarcane varieties grown in the Paraíba swamp. The experiment was organized in an experimental design using randomized blocks with 20 treatments organized in a subdivided plot consisting of 10 varieties and 2 conditions of land use (with and without liming), with four replications. The plot consisted of the limestone factor and the subplot constituted by the variety factor. The fertilization as well as the application of the limestone were made based on the soil analysis. The amount of 2.8 t ha^{-1} of limestone was evenly distributed according to the treatments, with cover fertilization at 90 days after cutting the cane plant, with 280 kg ha-1 of N, 152.83 kg ha 1 P and 133.33 kg ha^{-1} of K to maintain the cane experiment. The experimental sampling was carried out in the cultivation areas of the varieties: RB93509; RB002754; RB962962; SP79-1011, due to the fact that they have a greater productive contribution to sugarcane. Three points were sampled within each subplot, with the sample points positioned at the ends and in the middle of each subplot. At each sampling point, soil samples were collected at a depth of 0-20 cm, totaling 96 samples. Liming provided an increase in pH (16%) as well as a significant increase in Ca (30%), Mg (18%), in addition to reducing K (19%) and Al (14.7%). However, liming was not significantly expressed on soil CTC. The nutritional concentration of the analyzed genotypes showed significance for the levels of N and K. The liming practice promoted changes in pH and significant increases in nutritional levels for Ca and Mg.

Keywords: Limestone. Fertilization Management. Concealer of Soil.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Temperaturas médias mensais durante o ciclo da cana-soca..... 21
Figura 2. Precipitação e umidade médias mensais durante o ciclo da cana-soca..... 21
Figura 4. Croqui da área experimental..... 23
Figura 5. Teores de nitrogênio presentes no tecido vegetal das variedades analisadas.. 32
Figura 6. Teores de potássio presentes no tecido vegetal das variedades analisadas 33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Análise de variância para os atributos químicos do solo sob aplicação de calagem em diferentes variedades de cana-de-açúcar..... 29

Tabela 2. Análise de média pelo teste de Tucker para os atributos químicos do solo sob aplicação de calagem em diferentes variedades de cana-de-açúcar. 30

Tabela 3. Análise de variância para os atributos químicos do tecido vegetal..... 32

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 11
2. OBJETIVO 12
3. REVISÃO DE LITERATURA 12
3.1. Cultura da cana-de-açúcar 12
3.2. Importância econômica 13
3.3. Aspectos edafoclimáticos 14
3.3.1. Temperatura 14
3.3.2. Radiação 15
3.3.3. Precipitação 15
3.3.4. Solo 15
3.4. Latossolo vermelho-amarelo 16
3.5. Calagem 16
3.6. Manejo de adubação 18
3.7. Variedades 19
3.7.1 Variedade SP79 – 1011 19
3.7.2 Variedade RB93509 19
3.7.3 Variedade RB002754 20
3.7.4 Variedade RB962962 20
4. MATERIAIS E MÉTODOS 20
4.1. Caracterização da área experimental 20
4.2. Condução do experimento 21
4.3. Amostragem de solo e análises químicas 22
4.3.1. Análises químicas 23
4.3.2 Amostragem de tecido vegetal e análises químicas 26
4.4. Análise estatística 27
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 28
6. CONCLUSÕES 34
7. REFERÊNCIAS 35

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, apresentando extensas áreas cultiváveis aliadas a um clima favorável o Brasil produziu na safra de 2019/2020, 642.7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, 29,8 milhões de toneladas de açúcar e 1,6 bilhões de litros de etanol (CONAB, 2020). A cana-de-açúcar apresenta grande importância social e econômica constituindo uma importante fonte de renda (BELLÉ et al., 2014).

A produção da Paraíba na safra 2019/2020 foi de 6,7 milhões de toneladas, mediante as condições climáticas dessa safra, consideradas boas, com registro de índices pluviométricos acima do padrão histórico em certos períodos do ciclo, o estado teve a implantação de 122,8 mil hectares com produtividade media de 54 mil kg ha^{-1} (CONAB, 2020). A cana-de-açúcar possui uma participação equivalente a 38,9% das atividades agrícolas do Brejo paraibano, assim, é considerada a cultura de maior domínio na microrregião (SOUSA e PEREIRA, 2016).

Vários aspectos interferem no desenvolvimento vegetativo na cultura da cana-de-açúcar, onde os principais são o manejo cultural, aporte nutricional do solo, condições edafoclimáticas e variedade escolhida (ROSSETTO et al. 2004).

Geralmente ácidos, os solos tropicais tende a apresentar deficiência nutricional associada a altos teores de alumínio tóxico (Al^{3+}), contudo, quando corrigidos quimicamente, apresentam grande potencial agrícola (SILVA et al., 2014).

A prática da calagem corresponde a um manejo fundamental para a melhoria da fertilidade dos solos tropicais nos quais são instaladas as áreas de cultivo da cana-de-açúcar (ROSSETO e SANTIAGO, 2018). Para a cana-de-açúcar, a calagem tem possibilitado uma maior longevidade do canavial (STAUT et al., 2018). Entre os benefícios desta prática, cita-se: elevação do pH, fornecimento de Ca e Mg, diminuição ou eliminação dos efeitos tóxicos do Al, Mn e Fe, diminuição da adsorção de P (CORRÊA et al., 2011), aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) e atividade microbiana do solo (SOUTO et al., 2008), além de propiciar melhorias nas propriedades físicas do solo (PRADO et al., 2003).

A escolha da variedade a ser cultivada consiste em um dos pontos mais importantes da produção canavieira, não só pela sua importância econômica, mas também pelo seu processo dinâmico, visto que anualmente surgem novas cultivares, sempre com melhorias tecnológicas quando comparadas com aquelas que estão sendo cultivadas, desta forma a seleção de variedades adaptados as condições edafoclimáticas da região produtora bem como sua capacidade produtiva constituem um dos fatores mais importantes na cultura da cana-de-açúcar (ARAUJO et al., 2006).

A problemática da acidez do solo, o manejo inadequado da adubação juntamente com o cultivo de algumas variedades não adaptadas às condições edafoclimaticas da região do Brejo paraibano, atuam negativamente sobre o aporte produtivo da

microrregião. Desta forma, há uma necessidade de se testar outras variedades além da SP79 – 1011 variedade comumente cultivada na Paraíba e utilizada como referência nesse trabalho.

A adequação do genótipo a ser produzido pode gerar ao produtor economia de até 9,8% no custo da produção associado ao incremento de 15% em produtividade, resultando em crescimento de 23% na produtividade e 77% no teor de sacarose da cana produzida (REZENDE SOBRINHO, 2000).

Em virtude da importância econômica da cultura para o agronegócio brasileiro bem como da grande extensão de áreas cultivadas com cana-de-açúcar, torna-se necessária à investigação de como o manejo da adubação, bem como, a escolha das variedades cultivadas influenciam sua produtividade.

2. OBJETIVO

Avaliar a resposta de variedades de cana-de-açúcar após o manejo de incorporação da calagem e aplicação de macronutrientes.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Cultura da Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum spp*.) é uma gramínea pertencente à família Poaceae originaria do continente asiático essa cultura foi amplamente disseminada desde a antiguidade, tendo sua exploração destacada através do cultivo da espécie *S. officinarum* (NOBILE et al., 2017).

Fisiologicamente classificada como uma planta C4 a anatomia foliar da cana-de-açúcar propicia boa adaptabilidade para intensidade luminosa, elevadas temperaturas e a baixa disponibilidade hídrica (LACERDA et al., 2019).

A cultura possui rápido crescimento vegetativo, reprodução abundante e aproveitamento econômico de praticamente toda a estrutura vegetal (ANTUNES et al., 2015). Caracterizada por uma cultura de ciclo semiperene a cana-de-açúcar pode apresentar vários ciclos de desenvolvimento permitindo uma média de cinco cortes para que seja realizada a reforma do canavial, tendo o ciclo fenológico composto pelas fases de brotação, perfilhamento, crescimento e maturação (SCARPARI e BEAUCLAIR, 2010).

A cana-planta é comumente denominada de cana de ano, quando o ciclo se encerra aos 12 meses ou de cana de ano e meio quando o ciclo se encerra ao 18 meses, a duração do ciclo é dependente das condições edafoclimáticas da região de plantio, após o primeiro corte passa-se a utilizar a denominação de cana-soca, está possui ciclo de 12

meses e após cada corte ocorre a rebrota da soqueira e o inicio de um novo ciclo produtivo (ANTUNES et al., 2015).

A cultura da cana-de-açúcar desenvolve-se mediante a formação de touceiras, cuja parte área é constituída pelos colmos, folhas, inflorescências e sementes, enquanto a parte subterrânea é composta por raízes e rizomas (MOZAMBANI et al., 2006). A reprodução comercial da cultura ocorre de forma assexuada por propagação vegetativa mediante o seccionamento dos colmos e brotação das gemas axiais (JADOSKI et al., 2010).

O estabelecimento da cultura constitui a fase mais importante para o sucesso do canavial, o percentual de brotação e emergência dos perfilhos refletem em um bom estande de plantas (JADOSKI et al., 2010). A emergência dos brotos inicia-se cerca de 20 dias após o plantio, sendo a energia consumida nesse período proveniente das reservas presentes nos toletes (MONTEIRO et al., 2009).

O desenvolvimento da parte aérea é induzido pela incidência luminosa, umidade e temperaturas mais elevadas, desenvolvendo-se em altura e dando início ao acúmulo de açúcar na base do colmo (BATISTA et al., 2013). O crescimento da cultura, de modo geral, é entendido em termos de alongamento (MARIN et al., 2014), para as chamadas canas de ano o crescimento dos colmos começa aos 120 dias após o plantio e estende-se até os 270 dias (DIOLA e SANTOS, 2010).

A última fase fenológica caracteriza-se pela maturação dos colmos, esta é a principal etapa de desenvolvimento da cultura, devido à ocorrência do processo fisiológico que envolve a formação dos açúcares nas folhas seguida da translocação e armazenamento nos colmos (WATT et al., 2014).

Similar a grande maioria das culturas de interesse econômico a cana-de-açúcar possui susceptibilidade aos estresses abióticos tais como o estresse hídrico (BARROS et al., 2012), salino (PEREIRA et al., 2012), toxicidade por alumínio (CARLIN et al., 2012) e saturação nutricional (VITORINO et al., 2012), que resultam em alterações morfofisiológicas bem como bioquímicas, que promovem perdas significativas de produção afetando a disponibilidade de matéria prima para a indústria sucroalcooleira (FERRAZ et al., 2015).

3.2. Importância Econômica

Atualmente o Brasil lidera o ranque da produção sucroalcoleira sendo o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, o que demonstra a grande importância da cultura para o agronegócio brasileiro (UNICA, 2020). A crescente demanda global por etanol associada à vasta extensão de terras agricultáveis e as condições edafoclimáticas favoráveis para o cultivo da cana-de-açúcar, tornam o Brasil um pais altamente promissor na produção e consequentemente nas exportações de tal commodity (CONAB, 2017).

A safra 2019/2020 da cana-de-açúcar brasileira ocupou cerca de 10.03 milhões de hectares gerando uma produção de 642,7 milhões de toneladas colhidas, apontando um aumento de 3,6% em relação à safra 2018/2019 (CONAB 2020).

O destino da produção brasileira é quase que totalmente voltado para a produção de açúcar e etanol, na safra 2019/2020 a produção de açúcar atingiu 29,8 milhões de toneladas enquanto que a produção de etanol atingiu 1,6 bilhões de litros (CONAB, 2020).

O Nordeste apresentou uma área de 1 milhão de hectares (IBGE, 2020). O estado da Paraíba apresentou pequeno incremento na ordem de 0,6% em relação à área de produção quando comparada a safra 2018/19, ficando em 122,8 mil hectares, o rendimento médio da produção apresentou variação ainda mais significativa com um acréscimo de 19,8% em relação ao mesmo período, atingindo cerca de 54,9 mil kg ha^{-1}, totalizando produção de 6,7 milhões toneladas no estado, sendo a produção predominantemente destinada para a fabricação de etanol, com estimativa de produção de 442 milhões de litros, esse número é 15,9% superior ao resultado obtido em 2018/19, enquanto que a produção de açúcar foi de 141 mil toneladas produzidas, com um incremento de 20% em comparação à safra passada (CONAB, 2020).

A região Nordeste do Brasil é promissora para o setor sucroalcooleiro do país, por possuir área de expansão para a exploração da cana, contudo, as condições edafoclimáticas relacionadas ao solo e disponibilidade hídrica restringem sua expansão (ANDRADE JUNIOR et al., 2017).

A cultura da cana-de-açúcar tem seu rendimento médio influenciado por diversos fatores com destaque para as condições edafoclimática da região produtora ao longo da safra, durante a safra 2019/2020 observou-se estiagem no início do ciclo, contudo as chuvas posteriores favoreceram o desenvolvimento das lavouras, e as condições climáticas contribuíram para uma boa colheita, resultando em uma produtividade média obtida 5,4% superior a registrada em 2018/19, alcançando 76 mil kg ha^{-1}, em âmbito nacional (CONAB, 2020).

Além da produção de açúcar e etanol, a cana-de-açúcar é utilizada para originar outros produtos/subprodutos derivados como rapadura, cachaça, vinhaça e torta de filtro (ROSENDO et al., 2019). Como também, é empregada na alimentação animal e como fonte de geração de energia através da queima do bagaço (OLIVEIRA et al., 2010).

3.3. Aspectos edafoclimáticos

Os principais fatores climáticos que refletem no rendimento da cana-de-açúcar são a temperatura, a radiação e precipitação (MUCHOW et al., 1994).

3.3.1. Temperatura

Dentre os fatores climáticos a temperatura é certamente o que apresenta maior significância para o desempenho da cana-de-açúcar (MAGALHÃES et al., 1987), a

cultura, geralmente, tolera altas temperaturas, desde que a umidade do solo seja favorável, contudo em temperaturas baixas (inferior a 21º C) ocorre a diminuição na taxa de alongamento dos colmos e acúmulo de sacarose (ANDRADE JUNIOR et al., 2017).

A cana-de açúcar por ser uma cultura de origem tropical, desenvolve-se bem em climas quentes, com máximas de 35 a 38°C e mínimas entre 18 e 20°C (CASTRO et al., 2014), temperaturas entre 23ºC e 32ºC promovem a elevação das atividades fotossintéticas, observando-se a máxima taxa respiratória entre as temperaturas de 36 e 38ºC quando ocorre a redução da produção de matéria seca tornando-se nula em temperaturas superiores a 38ºC (FAUCONIER e BASSEREAU, 1970).

O intervalo ótimo de temperatura para a brotação das gemas é de 32 a 38ºC, enquanto que o excelente crescimento vegetativo ocorre em decorrência de médias de temperaturas diurnas entre 22 e 30ºC, contudo abaixo de 20ºC a taxa de crescimento diminui (BARBIERI e VILLA NOVA, 1977).

3.3.2. Radiação

A radiação solar influencia diretamente o perfilhamento da cultura, quanto maior a radiação solar, maior será o número de perfilhos (SANTOS et al. 1977). Mediante radiação solar adequada ocorre a redução do transporte das auxinas para a base do colmo, promovendo a quebra de dormência das gemas (AUDE et al. 1993).

O auto-sombreamento produzido pelo desenvolvimento foliar induz a inibição do perfilhamento e acelera o crescimento do colmo principal, este persiste até a ocorrência de algum fator limitante, como deficiência hídrica, temperaturas baixas ou florescimento (INMAN-BAMBER e SMITH, 2005).

3.3.3. Precipitação

As necessidades hídricas da cana-de-açúcar distinguem de acordo com os diferentes estágios de desenvolvimento, contudo a cana-de-açúcar necessita, em média, de 1500 a 2500 mm de chuva, uniformemente distribuídos (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

O estresse hídrico durante a fase de brotação e estabelecimento da cultura pode ocasionar falhas na brotação ou até mesmo morte das soqueiras, durante o período de crescimento vegetativo, o déficit hídrico pode promover falhas no desenvolvimento foliar bem como encurtamento dos colmos (RIBEIRO et al., 2008).

3.3.4. Solo

A cana-de-açúcar não necessita de um tipo específico de solo para se desenvolver sendo bastante adaptável as variações de texturas do solo, adaptando-se bem aos altos teores de matéria orgânica, contudo recomenda-se o cultivo em solos com profundidade

superior a 1 metro, favorecendo assim o desenvolvimento radicular (DOORENBOS e KASSAM, 1994).

Levando em consideração apenas o tipo de solo, independente da textura a produtividade da cana-de-açúcar decresce dos solos eutróficos, quimicamente mais férteis devido a alta saturação por bases, para os álicos, que possuem alta saturação por alumínio sendo, portanto menos férteis; em Latossolo Vermelho, a produtividade também tende a ser função da fertilidade, sendo os eutróficos mais produtivos do que os distróficos e álicos (STAUT et al., 2006).

A fertilidade dos solos é muito importante para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, pois a ausência de nutrientes como nitrogênio, fósforo, potássio, magnésio, enxofre, entre outros, pode ocasionar uma má formação dos perfilhos, diminuição da atividade fotossintética e redução do quantitativo de sacarose (ORTOLANI FILHO et al., 1983).

Outro fator que possui grande importância no desenvolvimento da cana-de-açúcar, é o nível de compactação do solo, que pode reduzir significativamente o volume dos poros, influenciando na quantidade de ar e de água que o permeia, reduzindo a disponibilidade destes às plantas, além de dificultar ou até mesmo inviabilizar a penetração e desenvolvimento radicular (TROUSE et al., 1967).

A cultura da cana-de-açúcar requer solos corrigidos e balanceados para atingir altas produtividades (VIEIRA-JUNIOR et al., 2008), apresentando uma diminuição na rendimento à medida que as características do solo se afastam das condições ideais (HATAMIAN et al., 2019).

3.4. Latossolo vermelho-amarelo

Abundantes em todo território brasileiro os Latossolos Vermelho-Amarelos são frequentemente associados aos relevos: plano, suave ondulado ou ondulado, estes ocorrem em ambientes bem drenados, sendo muito profundos e uniformes em características de cor, textura e estrutura em profundidade, amplamente utilizados para agropecuária apresentam limitações de ordem química em profundidade (ALMEIDA et al., 2020).

Os Latossolos vermelho-amarelos podem ser classificados no terceiro nível categórico do SiBCS como: Acriférricos, Ácricos, Alumínicos, Distroférricos, Distróficos e Eutróficos, sendo a classe dos distróficos caracterizada pela baixa fertilidade (SANTOS et al., 2020).

3.5. Calagem

A correção adequada da acidez do solo é um fator crucial para o estabelecimento das culturas visto que um solo ácido compromete a produtividade das plantas, desta forma a prática da calagem tem se destacado como o método corretivo mais utilizado na agricultura (OLIVEIRA et al., 2010). A prática da calagem visa principalmente corrigir

a acidez; neutralizar o efeito tóxico de elementos como o alumínio e o manganês; fornecer cálcio e magnésio; aumentar a disponibilidade nutricional; contribuir para a melhoria da estrutura do solo e da vida microbiana (BRADY et al., 1989).

Aproximadamente 70% dos solos brasileiros são considerados ácidos, tal característica química dos solos reduz o potencial produtivo das culturas devido às elevadas concentrações de Al^{3+} solúvel decorrente da elevação do pH da solução do solo (QUAGGIO et al., 2000). O Al^{3+} interfere na absorção, transporte e utilização de nutrientes essenciais tais como o Ca^{2+}, Mg^{2+}, K, P, Cu^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+} e Zn^{2+} (GUO et al. 2003).

Altos teores de Al^{+3} podem causar diversos danos às culturas, uma vez que este promove o aumento da acidez do solo reduzindo assim a atividade da enzima redutase do nitrato, responsável pela assimilação de nitrogênio no corpo vegetal consequentemente reduz a concentração de clorofilas, pigmentos cloroplastídicos, responsáveis pela etapa fotoquímica da fotossíntese (CARLIN et al., 2012), resultando no decréscimo da produtividade, desta forma, o manejo da acidez do solo torna-se imprescindível para maximização da produtividade (FERRAZ et al,. 2015).

Devido à crescente demanda do setor sucroalcoleiro as áreas de cultivo de cana-de-açúcar vêm aumentando significativamente no Brasil (BACCHI et al., 2015). Sendo as áreas de expansão, de maneira geral, caracterizadas por solos ácidos, deficiência generalizada de nutrientes e altos teores de elementos tóxicos, como Al^{3+} (NASCIMENTO et al., 2017).

A cana-de-açúcar é considerada uma forte extratora de elementos presentes no solo (FERRAZ et al. 2015). Para uma satisfatória produção da cana-de-açúcar torna-se necessária a adequação nutricional do solo, pois a produtividade é estritamente relacionada com a fertilidade e o equilíbrio nutricional do mesmo (SOLERA et al., 1988).

A eficiência nutricional é definida como a capacidade de um variedade ou cultivar de adquirir nutrientes do meio de cultivo convertendo-os em produção da biomassa (HATAMIAN et al., 2019). Portanto, variações inter e intra-específicas no crescimento da planta e na eficiência do uso de nutrientes são mediadas pelo controle genético e fisiológico e podem ser modificadas pela interação entre as condições ambientais e as estratégias de manejo do cultivo (AGHAYE NOROOZLO et al., 2019).

O comportamento bem como a tolerância às condições de acidez do solo pode variar entre as cultivares (MALAVOLTA et al., 2006). Em relação à cana-de-açúcar, alguns trabalhos têm mostrado efeito positivo da calagem sobre o desenvolvimento inicial e a produtividade da cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 2010).

Os acréscimos na produtividade da cana-de-açúcar em resposta à calagem são esporádicos, sendo obtidos apenas em condições de severa acidez, na presença de alumínio em níveis tóxicos e, principalmente, na ausência de teores adequados de cálcio

e magnésio; observa-se grande variabilidade na resposta produtiva da cana-de-açúcar à calagem ocorre em condições de fertilidade de solo menos restritivas, o que indica forte adaptação das cultivares as condições de acidez do solo (ROSSETTO et al., 2004). Contudo, efeitos benéficos da calagem na produtividade da cana-de-açúcar foram relatados por Marinho et al. (1980); Santos et al. (1980) e Orlando Filho et al. (1990).

3.6. Manejo de Adubação

A cultura da cana-de-açúcar consome aproximadamente 13 % do total de fertilizantes consumidos anualmente no Brasil, com um total de 2,9 megatoneladas, inferior somente ao consumido pelas culturas da soja (7,4 megatoneladas) e do milho (4,4 megatoneladas) (ANDA, 2008).

Logo após a acomodação dos colmos no sulco de plantio é realizada a adubação de fundação sendo a área adubada apenas com a fonte de fósforo (super simples) na dose de 400 Kg ha^{-1}, após 60 dias é realizada a adubação com N, K (15-00-26) na ordem de 500 Kg ha^{-1}, este modelo de adubação é realizado com o intuito de reduzir as perdas dos nutrientes nitrogênio e potássio, perdas essas ocasionadas pela lixiviação dos nutrientes (SILVA et al., 2018).

Vinte dias após a germinação da socaria, é realizada a adubação de cobertura com nitrogênio, fósforo e potássio dependendo da situação, sendo o nitrogênio, o fósforo e o potássio para as canas de 4ª folha em diante, o nitrogênio e o potássio para as de 2ª e 3ª folhas e o nitrogênio para as áreas de vinhaça e socarias muito velhas que não vão ser plantadas de imediato (SILVA et al., 2018).

A adubação nitrogenada via solo normalmente apresenta baixa eficiência, em virtude dos aos processos de lixiviação, volatilização e desnitrificação (PEREIRA et al., 2020). Um dos nutrientes mais influentes no aumento do crescimento e da produtividade da cana-de-açúcar é o nitrogênio, este é constituinte de diversas proteínas e aminoácidos, sendo um dos mais extraído pela cana-de-açúcar (179 kg ha^{-1}), ficando atrás apenas do potássio (K), 325 kg ha^{-1} (OLIVEIRA et al., 2011). De acordo com Moura Filho et al. (2014) os teores considerados ótimos para a cana-de-açúcar fica entre 12,5-20,8 g Kg^{-1}.

Seguido do nitrogênio, o potássio é o nutriente mais absorvido pela cana-de-açúcar (OTTO et al., 2010). Para cada 100 t ha^{-1} de colmos, são exportados cerca de 150 kg ha^{-1} de K_2O (Malavolta et al., 1982), embora em solos com teores elevados de K a exportação pelos colmos possa atingir 285 kg ha^{-1} de K_2O (Franco et al., 2008).

O K do solo é formado pelo K da solução, K trocável, K não trocável (fixado) e o K estrutural, sendo o suprimento de K advindo da solução e dos sítios de troca dos coloides do solo (SPARKS e HUANG, 1985). O teor trocável é a principal fonte de reposição do K para a solução (RAIJ et al., 1991), o qual, por sua vez, pode ser absorvido pelas plantas, adsorvido às cargas negativas do solo ou perdido por lixiviação, desta forma recomenda-se realizar a aplicação desse nutriente conforme as

plantas se desenvolvem, visando reduzir as perdas no sistema solo-planta e aumentar a eficiência de utilização desse nutricional, sendo a aplicação do K, geralmente, realizada de uma única vez durante o plantio, com dose que varia de 80 a 140 kg ha^{-1} de K_2O (LANA et al., 2004).

A adubação fosfatada é vista como uma prática eficaz para elevar a produtividade dos canaviais, sobretudo nos solos brasileiros, geralmente, deficientes em fósforo (ROSSETO et al., 2009), o que torna o mesmo um dos elementos mais importantes para a cultura da cana-de-açúcar (SIMÕES NETO et al., 2009).

A cana-de-açúcar responde melhor a adubação fosfatada no primeiro ano de cultivo, contudo o efeito residual do P é capaz de suprir as necessidades da cultura nas socas subsequentes, entretanto o efeito residual depende de muitos fatores tais como: poder de fixação do P pelo solo e nível inicial de P disponível (ORLANDO FILHO et al., 1981).

3.7. Variedades

A escolha da variedade para cultivo requer atenção especial, não apenas devido sua importância econômica, mas também em decorrência do sistema dinâmico do melhoramento genético que periodicamente lança no mercado novas variedades, sempre buscando uma evolução em relação à variedade anterior (ERNANDES et al., 2005). Atualmente o melhoramento da cana-de-açúcar é a tecnologia mais contributiva no acréscimo de produtividade (RIDESA, 2010).

Atributos importantes na escolha da variedade incluem produtividade, qualidade do suco, faixa etária de maturação, adaptações às condições de cultivo, tipo de solo, regime de irrigação, potencial de safra, resistência a pragas e doenças e condições adversas de cultivo (NETAFIM, 2014).

3.7.1 Variedade SP79 – 1011

Variedade apresenta alta produção agrícola, destacando-se pelo alto teor de sacarose no início da maturação bem como no alto potencial de brotação na soqueira, exigência em solos medianos, resistência a doenças, porém sensível a ferrugem e intermediária ao carvão, apresentando florescimento e isoporização (FERNADES et al., 2005).

3.7.2 Variedade RB93509

Variedade apresenta alta produção agrícola, destacando-se pelo alto teor de sacarose no início da maturação bem como no alto potencial de brotação na soqueira e rápido crescimento vegetativo, exigência em solos medianos, resistência à ferrugem marrom e escaldadura, porém susceptível ao carvão e mosaico (RIDESA, 2015).

3.7.3 Variedade RB002754

A variedade destaca-se pela produção agrícola alta, alto teor de sacarose, médio teor de fibra, apresenta média exigência em fertilidade do solo, recomenda-se plantio em ambientes de médio a alto potencial, colheita no início e meio de safra, possui resistência à ferrugem marrom, porém susceptível ao carvão, mosaico e escaldadura (RIDESA, 2015).

3.7.4 Variedade RB962962

Variedade apresenta alto teor de sacarose e alta produtividade agrícola, tolerante ao estresse hídrico, excelente sanidade e excelente brotação em cana-planta e em soqueiras com desenvolvimento rápido e bom fechamento de entrelinhas, possui exigência em solos médios e susceptibilidade a ferrugem marrom (RIDESA, 2015).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

A pesquisa foi conduzida na fazenda experimental Chã de Jardim localizada no Centro de Ciências Agrárias – CCA, Campus II, da Universidade Federal da Paraíba – UFPB, em Areia – PB, na microrregião do Brejo Paraibano com latitude 6° 58’ 12’’ S, longitude 35° 45’ 15’’ W e altitude de 575 m. O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico de acordo com os critérios do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2018). De acordo com a classificação climática Köppen-Geiger (ALVARES et al., 2013), a região possui um clima As', que se caracteriza por ser quente e úmido, com chuvas de outono – inverno.

Observa-se na (Figura 1) os dados de temperatura durante o ciclo da cultura, tendo uma média mínima de 22,5ºC, que segundo Castro et al. (2014), encontra-se dentro do limite ótimo de temperatura para o pleno desenvolvimento da cana-de-açúcar.

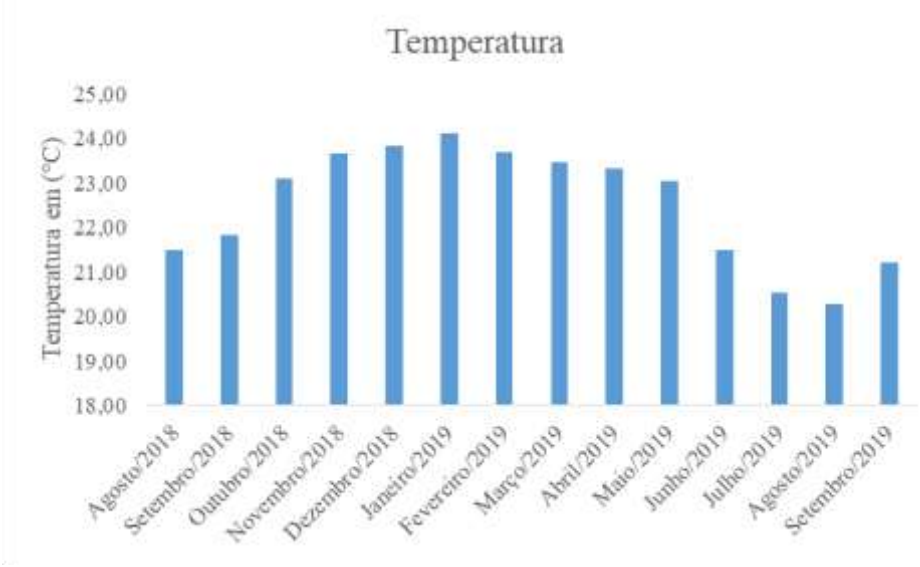


Figura 1. Temperaturas médias mensais durante o ciclo da cana-soca. Fonte: Inmet (2020).

Os dados de precipitação ao decorrer do ciclo da cultura encontram-se na (Figura 2) onde se observa a desuniformidade da precipitação acumulando um total de 1391,8 ml que segundo Doorenbos e Kassam (1994) encontra-se abaixo da mínima exigida pela cultura.

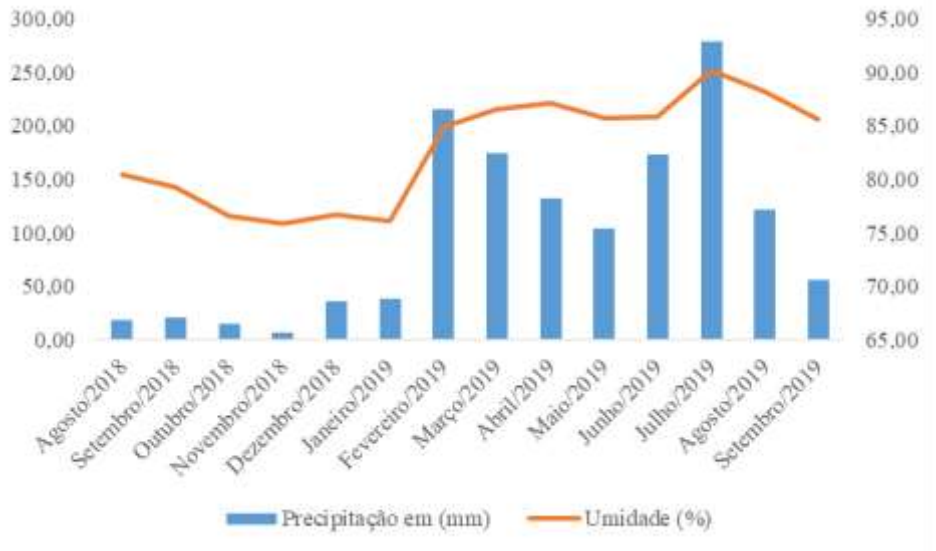


Figura 2. Precipitação e umidade médias mensais durante o ciclo da cana-soca. Fonte: Inmet (2020).

4.2. Condução do experimento

O experimento foi organizado em delineamento experimental utilizando blocos casualizados com 20 tratamentos organizados em parcela subdividida constituídas por 10 variedades e 2 condições de uso do solo (com e sem calagem), com quatro repetições. As variedades utilizados no experimento foram: Variedade 1; RB93509;

RB002754; VAT90-212; Variedade 2; RB962962; RB863129; RB992506; SP79-1011; RB951541 (Figura 3).

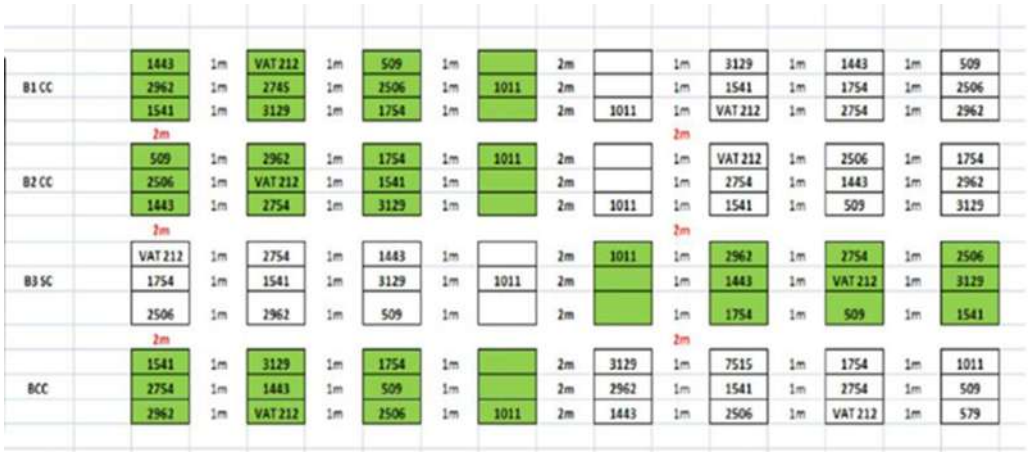


Figura 3. Croqui da área experimental, Areia PB, 2019.

A parcela foi constituída pelo fator calcário e a subparcela constituída pelo fator variedade. Cada subparcela possuiu 21,6 m² de área útil, resultando em uma área total de 86,4 m² por tratamento, ocupando uma área total de 3292,8 m². Cada parcela foi formada por quatro sulcos de seis metros cada, medindo 21,6 m². A adubação bem como a aplicação do calcário foram feita com base na análise de solo seguindo-se a metodologia proposta por Cavalcante et al. (2008), o método de elevação da saturação à 60%, calculado pela seguinte fórmula:

$$\mathbf{NC = (V_2\text{-}V_1) \, . \, CTC/10 \, PRNT}$$

Em que, NC representa a necessidade de calcário, V_2 a saturação por bases desejada, V_1 a saturação por bases atual, CTC a capacidade de troca catiônica, PRNT o poder relativo de neutralização total do calcário.

A quantidade de 2,8 t ha^{-1} de calcário foi distribuído uniformemente de acordo com os tratamentos, com adubação de cobertura aos 90 dias após o corte da cana planta, com 280 kg ha^{-1} de N, 152,83 kg ha^{-1} P e 133,33 kg ha^{-1} de K para a manutenção do experimento em cana soca.

4.3. Amostragem de solo e análises químicas

A amostragem de solo foi realizada apenas nas áreas de cultivo das variedades: RB93509; RB002754; RB962962; SP79-1011, devido esses terem apresentando maior aporte produtivo na cana-planta, conforme Almeida et al. (2018) (Figura 3). Foram amostrados três pontos dentro de cada subparcela, sendo os pontos amostrais posicionados nas extremidades e no intermédio de cada subparcela. Em cada ponto amostral foi realizada a coleta de amostras de solo na profundidade de 0-20 cm totalizando ao final 96 amostras. Para a amostragem, utilizou-se um trado holandês.

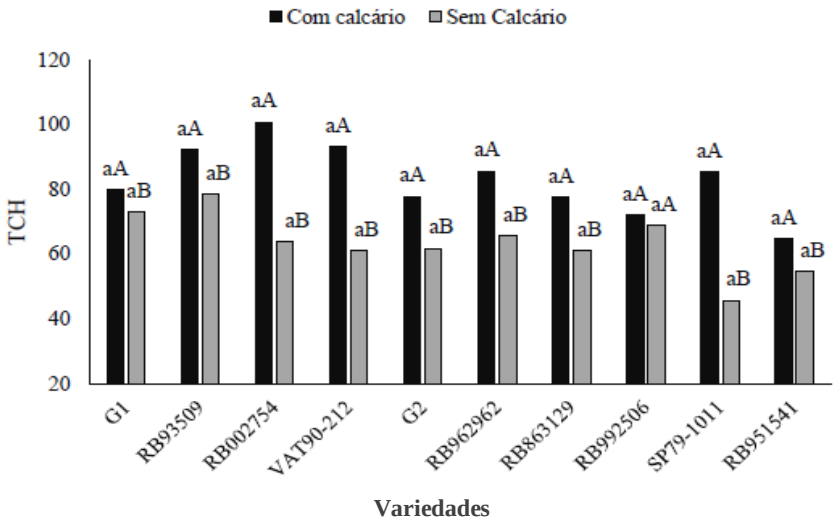


Figura 4. Toneladas de cana-de-açúcar por hectare dos variedades analisados na cana-planta, 2018. Fonte: Almeida et al. (2018).

Após as coletas o solo foi acondicionado em sacos plásticos de polietileno e levado para o casa de vegetação onde foi exposto ao ar sobre bancadas durante 7 dias para perda de umidade, decorrido este período o solo foi destorroado e passado em peneira de 2 mm (TFSA). Sendo posteriormente encaminhado ao Laboratório de Matéria Orgânica do Solo (LabMOS) para realização das analises químicas.

4.3.1. Análises químicas

pH

Determinado por meio de medição eletroquímica da concentração efetiva de íons H^+ na solução do solo. Utilizou-se um eletrôdo combinado, imerso em suspensão solo:água na proporção de 1:2,5. Foram adicionados 10 gramas de TFSA em copos plásticos, juntamente com 25 ml de água destilada. A solução foi agitada com bastão de vidro e deixada em repouso por 30 minutos. Posteriormente, efetuou-se nova agitação em cada amostra e imergiu-se o eletrôdo na solução para leitura do pH (SILVA et al., 1999).

Cálcio + Magnésio Trocáveis (Ca^{2+} + Mg^{2+})

O Ca e o Mg trocáveis foram extraídos por solução de KCL 1M e determinados por complexometria com EDTA, usando-se como indicador o negro-de-eriocromo – T. Inicialmente, foram postas 5 gramas de TFSA em erlenmeyer de 125 mL, juntamente com 50 ml de KCL 1M e posterior agitação durante 5 minutos. Após repouso de 12 horas, foram extraídas das soluções, alíquotas de 10 ml sendo estas transferidas para erlenmeyer de 125 ml, as quais foram adicionados 2 ml do coquetel-tampão mais 0,15 gramas de ácido ascórbico e 2 gotas do indicador negro-de-eriocromo – T. Procedeu-se a titulação com sal dissódico de EDTA 0,0125 M. O valor em $Cmol_c$ de Ca + Mg dm^3 de TFSA foi obtido pela equação:

$$\mathbf{Ca + Mg = (L - Br)}$$

Onde, (L) representa o número de mililitros de EDTA 0,0125 M gastos na titulação da amostra e (Br) número de mililitros gastos na titulação da prova em branco (TEIXEIRA et al., 2017).

Cálcio Trocável (Ca^{2+})

O Ca^{2+} foi extraído utilizando-se solução KCL 1M e determinado por complexiométrica em presença do indicador ácido calcon carbônico. Inicialmente, foram postas 5 gramas de TFSA em erlenmeyer de 125 mL, juntamente com 50 ml de KCL 1M procedendo-se de agitação durante 5 minutos. Após a agitação, as amostras ficaram em repouso por 12 horas, decorrido este período foram extraídas das soluções, alíquotas de 10 ml, sendo estas transferidas para erlenmeyer de 125 ml, onde adicionou-se 1,5 mL de KOH a 100 g L^{-1}, 0,15 gramas de ácido ascórbico e 0,15 gramas do indicador ácido carbônico mais sulfato de sódio. Procedeu-se a titulação com sal dissódico de EDTA 0,0125 M. O valor em $Cmol_c$ de Ca dm^{-3} de TFSA é obtido pela equação:

$$\mathbf{Ca = (L - Br)}$$

Em que, L representa o número de mililitros de EDTA 0,0125 Mol L^{-1} gastos na titulação da amostra, Br o número de mililitros gastos na titulação da prova em branco (TEIXEIRA et al., 2017).

Acidez Potencial ($H^+ + Al^{3+}$)

A extração da acidez potencial do solo foi realizada por meio de solução de acetato de cálcio tamponado a pH 7,0, sendo determinada volumetricamente com solução de NaOH utilizando fenolftaleína como indicador. Pesou-se 5 gramas de TFSA, a qual, essa quantidade foi posta em erlenmeyer de 125 ml, juntamente com 75 ml de acetato de cálcio 0,5 $mol.L^{-1}$, os erlenmeyer foram vedados e agitados durante 5 minutos. Posteriormente, foram deixados em repouso por 12 horas, sendo retiradas alíquotas de 25 ml da solução, colocando-as em erlenmeyer de 125 ml, adicionou-se 3 gotas do indicador fenolftaleína a 1%. A titulação procedeu-se com solução de NaOH 0,025 $mol.L^{-1}$. O valor em $Cmol_c$. dm^{-3} de TFSA é obtido pela equação:

$$\mathbf{H^+ + Al^{3+} = (L - Br) \times 1{,}65}$$

Em que, L representa o número de mililitros de NaOH 0,025 Mol L^{-1} gastos na titulação da amostra, Br o número de mililitros gastos na titulação da prova em branco (TEIXEIRA et al., 2017).

Sódio e Potássio

A determinação de K^+ e Na^+ extraível com Mehlich-1 foi determinado por fotometria de chama. Pesou-se 5 gramas de TFSA, a qual, essa quantidade foi posta em erlenmeyer de 125 ml, juntamente com 50 ml de Mehlich-1, em seguida efetuou-se

agitação durante 5 minutos, deixando-se as amostras em repouso por 12 horas. Após esse período, foram extraídas das soluções, alíquotas de 10 ml que foram transferidas para copos de plástico. Com o aparelho já calibrado procedeu-se as leituras das amostras na escala do mesmo (TEIXEIRA et a., 2017).

Fósforo do solo

O fósforo foi determinado espectrofotometricamente, por meio da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolíbdico, produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico. Pesou-se 5 gramas de TFSA, a qual, essa quantidade foi posta em erlenmeyer de 125 ml, juntamente com 50 ml de Mehlich-1, em seguida efetuou-se agitação durante 5 minutos, deixando-se as amostras em repouso por 12 horas. Após esse período, foram extraídas das soluções, alíquotas de 1 ml, que foram colocadas em tubos de ensaio, o pH foi corrigido com uma gota de P-Nitrofenol, posteriormente foram adicionadas gotas de NaOH 15N até a formação de coloração amarela. Em seguida, foram colocadas gotas de H_2SO_4 a 2,5N até tornar a amostra clara novamente. Adicionou-se 4 ml de solução B para o desenvolvimento da cor e completou-se o volume para 25 ml com água deionizada. As amostras ficaram em repouso durante 45 minutos. Ajustou-se o comprimento de onda (880 nm) e calibrou-se o equipamento. Após o término do repouso, efetuou-se a leitura das amostras (MURPHY e RYLEY et a., 1962).

Carbono Orgânico

Foram pesadas 0,2 gramas de solo, previamente macerado e peneirados em peneira de 0,05 mm, a massa de solo foi transferida para tubos de digestão, onde foram adicionados 5 ml de dicromato de potássio $K_2Cr_2O_7$ 0,167 mol L^{-1} e 10 ml de ácido sulfúrico H_2SO_4 p.a. Os tubos foram colocados em placa digestora por 30 minutos a 170°C. Depois de retirados da placa, os tubos permaneceram 20 minutos resfriando. Posteriormente transferiu-se o conteúdo de cada tubo para erlenmeyers e adicionou-se 10 ml de ácido fosfórico concentrado H_3PO_4 p.a. O volume de cada amostra foi elevado para aproximadamente 50 ml com água destilada. Adicionou-se 3 a 4 gotas do indicador difenilamina. Após esses procedimentos, realizou-se a titulação com solução de sulfato ferroso $FeSO_4$ 7 H_2O 0,4 mol L^{-1}. Os teores de carbono orgânico foram calculados pela seguinte equação:

C- total (%) = (A) x (Molaridade do SFA) x (0,003) x (100) / Peso da Amostra (g)

Em que: **A = ((BA -S) x (BNA - BA) / BNA) + (BA – S)**.

Em que, A é o fator de correção, SFA sulfato ferroso amoniacal, Ba a media das leituras dos brancos aquecidos, BNA a media de leitura dos brancos não aquecidos, S o valor de leitura da amostra (YEOMANS e BREMNER, 1988).

Nitrogênio do solo

Inicialmente as amostram de solo foram digeridas, para tal amostras de TFSA foram maceradas em almofariz de porcelana e passadas em peneira de 0,15 mm (100 *mesh*) em seguida foram transferidas para tubos de digestão e adicionados 5 ml de ácido sulfúrico concentrado sendo os tubos acomodados em placa digestora a 350ºC deixando-se reagir por 30 minutos seguindo-se da adição de 0,5 ml de peróxido de hidrogênio, o procedimento foi realizado com intervalos de 8 minutos entre cada adição, ate que as amostras apresentassem coloração esbranquiçada, sendo as mesmas mantidas na placa aquecedora por durante mais 30 minutos para eliminação total do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) restante. Após o esfriamento das amostras estas foram diluídas para 50 ml utilizando-se água destilada.

Após a digestão 20 ml do extrato digerido foi transferido para um tubo acoplado ao aparelho de destilação onde se adicionou 10 ml da solução de ácido bórico mais indicador em erlermeyer de 125 ml. Foram mensurados 10 ml de NaOH 13N diretamente no copo de entrada do destilador abrindo-se a torneira lentamente para que a solução (NaOH) se misturasse com o conteúdo do tubo de destilação. Deixou-se destilar até que a solução de ácido bórico atingisse o volume aproximado de 50 ml (Thomas et al., 1967).

A titulação das amostras foi realizada com HCl 0,07143N até a mudança da cor verde para o rosa escuro. O cálculo do N-total foi realizado pela equação:

Volume gasto de HCl 0,07143 Mol L-1 = % N na amostra x 10 = g/kg N na amostra

4.3.2 Amostragem de tecido vegetal e análises químicas

A amostragem vegetal, similar a de solo, foi realizada nas variedades RB93509; RB002754; RB962962; SP79-1011. Dentro de cada subparcela foram amostradas as folhas (+3) de três plantas seguindo o mesmo modelo amostral utilizado para o solo (extremidades e intermédio da subparcela), totalizando ao final 96 amostras.

Após as coletas o material vegetal foi acondicionado em sacos plásticos de polietileno e levado para o Laboratório de Matéria Orgânica do Solo (LabMOS), onde foi acomodado em sacos de papel Kraft e acondicionado em estufa de circulação forçada de ar a 65ºC durante 7 dias, para perca da umidade. Decorrido este período o material vegetal foi moído em moinho tipo *willey* e as amostras encaminhadas para as análises químicas.

Análises químicas

Para quantificar os teores de N, P, K do material vegetal, realizou-se a digestão do material vegetal utilizando-se ácido sulfúrico e peróxido de hidrogênio, para a digestão utilizou-se de amostras 250 mg, as quais foram transferidas para tubos de digestão e adicionados 5ml de ácido sulfúrico concentrado sendo os tubos acomodados em placa digestora a 350ºC deixando-se reagir por 30 minutos seguindo-se da adição de 0,5 ml de peróxido de hidrogênio, o procedimento foi realizado com intervalos de 8 minutos entre cada adição, até que as amostras apresentassem coloração esbranquiçada, sendo as

mesmas mantidas na placa aquecedora por durante mais 30 minutos para eliminação total do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) restante, após o esfriamento das amostras estas foram diluídas para 50 mL utilizando-se água destilada (THOMAS et al., 1967).

Nitrogênio

Após a digestão 20 ml do extrato digerido foi transferido para um tubo acoplado ao aparelho de destilação onde se adicionou 10 ml da solução de ácido bórico mais indicador em erlermeyer de 125 ml. Foram mensurados 10 ml de NaOH 13N diretamente no copo de entrada do destilador abrindo-se a torneira lentamente para que a solução (NaOH) se misturasse com o conteúdo do tubo de destilação. Deixou-se destilar até que a solução de ácido bórico atingisse o volume aproximado de 50 ml (THOMAS et al., 1967).

A titulação das amostras foi realizada com HCl 0,07143N até a mudança da cor verde para o rosa escuro. O Cálculo do N-total foi realizado pela equação:

Volume gasto de HCl 0,07143 Mol L-1 = % N na amostra x 10 = g kg^{-1} N na amostra.

Fósforo

O fósforo foi determinado espectrofotometricamente, por meio da leitura da intensidade da cor do complexo fosfomolíbdico, produzido pela redução do molibdato com o ácido ascórbico. Paras as amostras de tecido vegetal, mensurou-se 1 ml do estrato digerido, o qual foi posto em tubos de ensaio, o pH foi corrigido com uma gota de P-Nitrofenol, depois foram adicionadas gotas de NaOH 15N até a formação de coloração amarela. Em seguida, foram colocadas gotas de H_2SO_4 a 2,5N até tornar a amostra clara novamente. Adicionou-se 4 ml de Solução B para o desenvolvimento da cor e completou-se o volume para 25 ml com água deionizada. As amostras ficaram em repouso durante 45 minutos. Ajustou-se o comprimento de onda (880 nm) e calibrou-se o equipamento. Após o término do repouso, efetuou-se a leitura das amostras (MURPHY e RYLEY, 1962)

Potássio

O potássio foi determinado por fotometria de chama. Mensurou-se 1 ml do estrato digerido, o qual foi diluído em 20 ml de água destilada. Com o aparelho já calibrado procedeu-se as leituras das amostras na escala do mesmo (TEXEIRA et al., 2017)

4.4. Análise estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância ($P < 0,05$ para o material vegetal e $P < 0,1$ para o solo), e as médias comparadas com o teste de *Tukey* ($P < 0,05$ e $P < 0,1$ para material vegetal e solos, respectivamente). As análises estatísticas foram realizadas no software SISVAR versão 5.8.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A prática da calagem proporcionou resultados significativos para os teores de nutrientes Ca, Mg, K, Al e pH, não apresentando diferença significativa para os teores de P, MO, Na, CTC e H + Al (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância para os atributos químicos do solo sob aplicação de calagem cultivado com diferentes variedades de cana-de açúcar.

Fontes de Variação (CV)	GL	Atributos químicos do solo										
		pH	N	P	K	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na	Al^{3+}	H + Al	MOS	CTC
Variedades (G)	3	0,025*	0,143^{ns}	0,293^{ns}	0,105*	0,062*	0,392^{ns}	0,095*	0,520^{ns}	0,000*	0,011*	0,001*
Calagem (C)	1	0,000*	0,259^{ns}	0,880^{ns}	0,069*	0,000*	0,000*	0,161^{ns}	0,061*	0,337^{ns}	0,633^{ns}	0,196^{ns}
G x C	3	0,014*	0,909^{ns}	0,552^{ns}	0,685^{ns}	0,001*	0,001*	0,374^{ns}	0,259^{ns}	0,000*	0,554^{ns}	0,156^{ns}
Resíduo	88											
CV%		9,94	44,01	96,47	47,97	28,31	22,35	54,32	383,46	26,86	10,84	46,54

* significativo pelo teste de – F (P < 0,1); ns não significativo pelo teste de – F (P < 0,1).

A calagem promoveu elevação no pH bem como aumento significativo nos teores de Ca, Mg e K além de reduzir os teores de Al. Contudo, a calagem não se expressou significativamente sobre a CTC do solo (Tabela 2).

Tabela 2. Análise de media pelo teste de Tukey para os atributos químicos do solo sob aplicação de calagem em diferentes variedades de cana-de-açúcar.

	Correção do Solo	
Atributos Químicos do Solo	Com calagem	Sem calagem
pH 1:2,5 (H_2O)	7,029a	6,062b
N (mg kg^{-1})	1,220a	1,352a
P (mg L^{-1})	2,150a	2,088a
K ($cmol_c$ kg^{-1})	0,120b	0,143a
Ca ($cmol_c$ kg^{-1})	1,794a	1,378b
Mg ($cmol_c$ kg^{-1})	2,920a	2,476b
Na ($cmol_c$ kg^{-1})	0,031a	0,037a
Al (cmolc kg^{-1})	0,014b	0,095a
H + Al (cmolc kg^{-1})	12,95a	12,29a
CTC (cmolc kg^{-1})	11,953a	14,887a
MOS (g kg^{-1})	2,146a	2,168a

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas não diferirem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,1$).

A área submetida à prática da calagem apresentou elevação do pH na ordem de 13% em relação a área sem calagem, elevando o pH de 6,062 para 7,029 (1:2,5). Os dados obtidos corroboram com os encontrados por Ferraz et al. (2015); Bambolim et al. (2015); Caires et al. (2002), Anjos et al. (2011), Natale et al. (2007) e Kaminski et al. (2005) que verificaram a eficácia da aplicação de calcário na elevação do pH do solo.

Contudo, observa-se que a elevação do pH na área submetida à calagem diverge dos valores ótimos recomendados para a cultura da cana-de-açúcar que fica entre 5,5 e 6,3 (TEDESCO et al., 2004; SOUZA et al., 2015). De acordo com Souza et al. (2015) o índice de pH em água ideal para a cultura é de 5,5 a 6,3 uma vez este intervalo propicia condições ótimas de assimilação nutricional, com destaque para o fósforo, potássio, enxofre, nitrogênio e molibdênio.

O desequilíbrio do pH, possivelmente, se deve a constante aplicação de calagem uma vez que realizou-se a aplicação na cana-planta e após o conte (15 meses) realizou-se uma nova aplicação para a cana-soca. A calagem deve ser considerada como um investimento agrícola de longo prazo, visto que seus benefícios perduram além de uma safra agrícola (NATALE et al., 2007). Entretanto, a baixa solubilidade somada à lenta movimentação do calcário ao longo do perfil do solo torna obrigatoriamente necessária

a distribuição uniforme e incorporação profunda para sua atuação satisfatória (SORATTO e CRUSCIOL, 2008; CHURKA BLUM et al., 2013).

A incorporação do calcário a profundidades adequadas é imprescindível; quando esta é feita a profundidade inferior a 20 cm poderá ocorrer calagem excessiva, chegando, nesses casos, a dobrar a dose de calcário recomendada, refletindo-se em desordens no equilíbrio dos diversos nutrientes, que pode refletir em alterações expressivas na produção das plantas de cana-de-açúcar gerando danos econômicos (STAUT et al., 2013).

Os teores de Ca e Mg também foram significativamente favorecidos pela calagem sendo, respectivamente, 23 e 15% superior aos teores obtidos pra a área sem calagem. Tal incremento, possivelmente, se deve a utilização do calcário dolomítico para a correção da acidez do solo. Os resultados obtidos corroboram com os encontrados por Ferraz et al. (2025); Rossetto et al. (2004); Corrêa et al. (2011); Costa et al. (2016); Carmo et al. (2016); Soratto e Crusciol (2008); Nduwumuremyi et al. (2013) e Oliveira et al. (2015).

A elevação nos teores de Ca e Mg, são atribuídos a adição de $CaCO_3$ e $MgCO_3$, através da calagem com calcário dolomítico uma vez que este que proporciona a reação dos íons H^+ da solução do solo com os carbonatos adicionados liberando hidroxila, cálcio, magnésio, gás carbônico e água para o solo (MELO et al., 2019).

O K do solo apresentou comportamento contrário ao observado para Ca e Mg obtendo-se incremento de 16% nas áreas sem aplicação de calcário quando comparado as áreas com aplicação, possivelmente, o excesso da Ca e Mg favoreceu e remoção do K dos sítios de troca das argilas bem como da MOS promovendo o deslocamento do K para a solução do solo, favorecendo sua lixiviação. Contudo, os valores obtidos para K nas áreas com e sem calagem foram inferiores ao nível crítico recomendado para a cultura que segundo Orlando Filho et al. (1981) é de 21 $mmol_c.dm^{-3}$. Os dados obtidos diferem dos observados por Carneiro et al., (2018) que obteve elevação nos teores de K, mediante a aplicação de calagem, para 3 de suas 5 áreas experimentais.

Similar ao comportamento do K o Al do solo apresentou redução significativa nas áreas submetidas à calagem na ordem de 14,7%. Quando adicionado ao solo o calcário reagem como a água presente dissociando o carbonato de cálcio, os produtos da dissolução do calcário reagem com os colóides do solo e, nessa reação, elevam o pH, retendo as moléculas de H^+ responsáveis pelas características ácidas, restringindo a solubilidade do alumínio na solução do solo (SORATTO; CRUSCIOL, 2008). Os dados corroboram com os obtidos por Rossetto et al. (2004); Bambolim et al (2015); Caires et al. (2002), Anjos et al. (2011), Natale et al. (2007) e Kaminski et al. (2005) que verificaram a eficácia da aplicação de calcário na redução dos teores de Al no solo.

A concentração nutricional das variedades analisados apresentou significância para os teores de N e K.

Tabela 3. Análise de variância para os teores de nutrientes no tecido vegetal.

Fontes de Variação (CV)	GL	Teores nutricionais em folha de cana-de-açúcar		
		N	P	K
Variedades (V)	3	0,000*	0,031*	0,040*
Calagem (C)	1	0,400^{ns}	0,362^{ns}	0,354^{ns}
V x C	3	0,004*	0,840^{ns}	0,008*
Resíduo	88			
CV%		44,63	46,37	32,92

*significativo pelo teste d – F (P < 0,05); ns não significativo pelo teste de – F (P < 0,05).

Os teores de N do tecido vegetal apresentaram elevação nas variedades RB962962, RB93509 com incremento de 28,1 e 30,9%, respectivamente, quando estes foram cultivados em áreas com aplicação de calagem. Diferindo do comportamento observado para os variedades RB002754 e SP79-1011 que não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos (Figura 4).

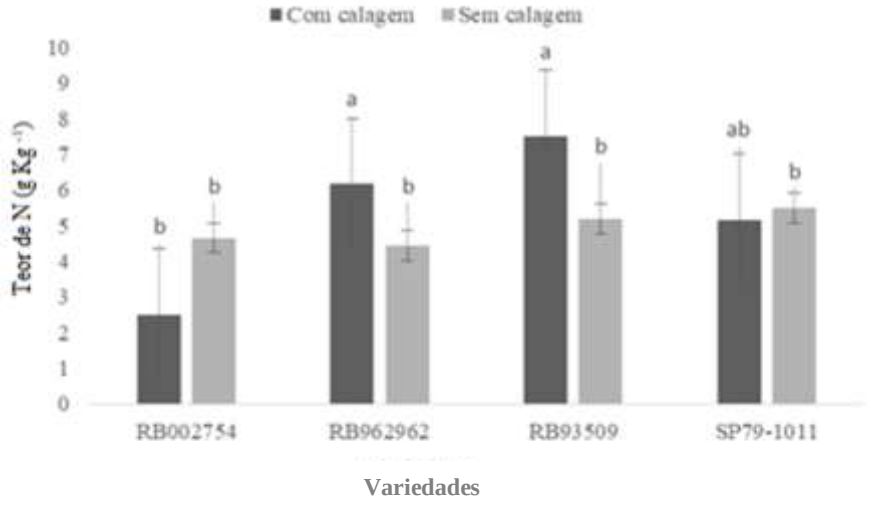


Figura 5. Teores de nitrogênio presentes no tecido vegetal das variedades analisadas. Médias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferirem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P < 0,05).

Observou-se, que apesar do incremento propiciado pela calagem os teores de N ainda encontram-se abaixo dos teores considerados ótimos para a cana-de-açúcar que segundo Moura Filho et al. (2014) fica entre 12,5-20,8 g Kg^{-1}. Os dados obtidos para este experimento diferem dos obtidos por Moura Filho et al. (2014); Espironelo et al

(1986); Korndorfer e Alcarde (1992); Malavolta et al. (1997); Prado et al (2002) e Reis Júnior e Monnerat (2003).

O teor de N vegetal encontra-se intimamente relacionado ao aumento da produtividade da cana-de-açúcar, uma vez que este é constituinte de diversas proteínas e aminoácidos que intensificam a ação meristemática da parte aérea, permitindo maior perfilhamento, índice de área foliar (IAF) e conservação das folhas da cana-de-açúcar (PEREIRA et al., 2020). O N também apresenta grande importância no metabolismo dos carboidratos e tem efeito positivo no desenvolvimento, na qualidade dos colmos, e no vigor da planta (SHEKINAHET al., 2012).

Os teores de K no tecido vegetal apresentaram diferimento estatístico apenas para a variedade RB002754, onde se observou que a prática da calagem reduziu a incorporação de K em cerca de 35,3% em relação aos teores obtidos para as áreas sem aplicação de calagem (Figura 5). Tal comportamento pode ser atribuído ao excesso de Ca e Mg no solo, o qual favoreceu o deslocamento do K dos sítios de troca das argilas tornando-o mais susceptível a lixiviação e remoção da área de absorção das raízes.

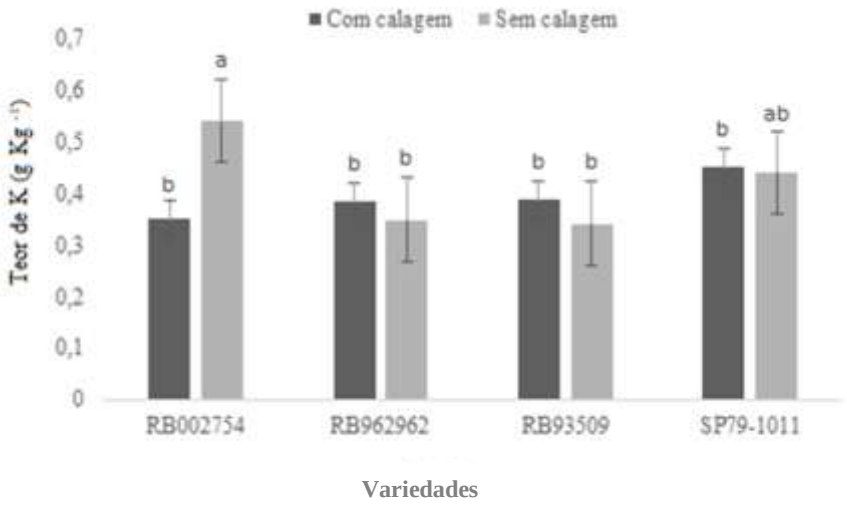


Figura 6. Teores de potássio presentes no tecido vegetal das variedades analisadas. Medias seguidas de mesmas letras nas colunas não diferirem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Entretanto, observou-se que os teores de K incorporados ao tecido vegetal encontram-se drasticamente abaixo dos valores considerados ótimos para a cultura da cana-de-açúcar que fica entre 10-16 g Kg^{-1} (RAIJ et al., 1997). Os dados obtidos diferem dos encontrados por Orlando Filho et al. (1980) e Prado et al. (2002).

O potássio atua no corpo vegetal por meio da ativação enzimática, com destaque para as enzimas: sintetases, oxiredutases, desidrogenases, transferases, quinases e aldolases (MARSCHNER, 1995; MALAVOLTA et al., 1997). A deficiência de K promove redução na síntese de compostos de alto peso molecular tais como proteína,

amido e celulose, contudo, tal redução favorece o acúmulo de compostos de baixo peso molecular tais como os açúcares solúveis e aminoácidos (ALMEIDA et al., 2013).

Apesar dos resultados obtidos estarem fora dos padrões considerados ótimos para a cultura da cana-de-açúcar os resultados observados para as variedades RB962962 e RB93509 apresentam-se bastante satisfatórios uma vez que estes foram superiores aos obtidos pela variedade SP79-1011, sendo este um dos mais cultivados na Paraíba demonstrando a possível adaptabilidade das variedades RB962962 e RB93509 as condições edafoclimáticas da microrregião do Brejo Paraibano.

6. CONCLUSÕES

A prática da calagem promoveu alterações nos atributos químicos do solo, favorecendo a elevação pH e o incremento nos teores de Ca e Mg;

A calagem favoreceu a elevação do pH a valores que excedem a faixa ideal para absorção de nutrientes pela cultura da cana-de-açúcar;

Os altos de Ca e Mg provenientes da prática da calagem favoreceu uma diminuição na disponibilidade do K no solo;

Os variedades RB002754 e RB93509 apresentaram mais capacidade de absorção de nutrientes, principalmente de nitrogênio e potássio.

7. REFERÊNCIAS

AGHAYE NOROOZLO, Y ; SOURI, MK; DELSHAD, M. Efeitos da aplicação de aminoácidos, amônio e nitrato no solo no acúmulo de nutrientes e nas características de crescimento do manjericão doce. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 2019.

ALMEIDA, E. P. C.; SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Latossolos Vermelho-Amarelos. Brasilia. 2020. Disponível em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000g05ip3qr02wx5ok0q43a0r3t5vjo4.html> Acesso em 09 de novembro de 2020.

ALMEIDA, H. J. Nutrição potássica em soqueira de cana-de-açúcar colhida sem queima. Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Ciência do Solo). Jabuticabal. 2013.

ALMEIDA, L. J. M. Calagem e adaptação de variedades de *Saccharumofficinarum* no brejo paraibano. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Paraíba como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Agronomia. Areia. 2018.

ALVARES, C. A., STAPE, J. L., SENTELHAS, P. C., GONÇALVES, F. L. M., E SPAROVEK, G. (2013). Köppen„s climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrif, 22 (6), 711–728.

ANDRADE JUNIOR, A. S.; NOLETO, D. H.; BASTOS, E. A.; MOURA, M. S. B.; ANJOS, J. C. R. Demanda hídrica da cana-de-açúcar, por balanço de energia, na microrregião de Teresina, Piauí. Agrometeoros, Passo Fundo. 2017.

ANJOS, J. L.; SOBRAL, L. F.; LIMA-JUNIOR, M. A. Efeito da calagem em atributos químicos do solo e na produção da laranjeira. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v. 15, n. 11, p. 1138–1142, 2011.

ANTUNES, J. F. G.; LAMPARELLI, R. A. C.; RODRIGUES, L. H. A. Avaliação da dinâmica do cultivo da cana-de-açúcar no estado de São Paulo por meio de perfis temporais de dados modis. Revista de Engenharia Agrícola – Online. 2015.

ARAÚJO N. C. Cana-de-açúcar: resposta técnica. Produzida pelo Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas. 2006. 7p. Disponível em: <http://www.agrobyte.com.br/cana.htm>. Acessado em: 12 de novembro de 2020.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL PARA DIFUSÃO DE ADUBOS - ANDA. Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes. São Paulo, 2008.

AUDE, M. I. S. Estádios de desenvolvimento da cana-de-açúcar e suas relações com a produtividade. Ciência Rural, v. 23. n.2, p. 241-248, 1993.

BACCHI, M. R. P.;CALDARELLI, C. E. Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, entre 2005 e 2009. Nova Economia_Belo Horizonte. 2015.

BAMBOLIM, A.; CAIONE, G.; SOUZA, N. F.; SEBEN-JUNIOR, G. F.; FERBONINK, G. F. Calcário líquido e calcário convencional na correção da acidez do solo. Revista de Agricultura Neotropical. Cassilândia. 2015.

BARBIERI, V.; VILLA NOVA, N. A. Climatologia e a cana-de-açúcar. In: PLANALSUCAR – Coordenadoria Regional Sul – COSUL, Araras. 1977.

BARROS, A. C.; COELHO, R. D.; MARIM, F. R.; POLZER, D. L.; AGUIAR NETO, A. de O. Utilização do modelo canegro para estimativa de crescimento da cana-de-açúcar irrigada e não irrigada para as regiões de Gurupi – TO e Teresina – PI, Irriga, Botucatu, v. 17, n. 2, p. 189 - 207, 2012.

BELLÉ, C.; KULCZYNSKI, S.M.; GOMES, C. B.; KUHN, P.R. Fitonematóides associados à cultura da cana-de-açúcar no Rio Grande do Sul, Brasil. Nematropica, v. 44, n. 2, p. 207-217, 2014.

BERNARDO VAN RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H. QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Boletim técnico nº 100. 2ª edição. 1997.

BRADY, N.C. Natureza e Propriedades dos Solos, 7.ed. New York: John Wiley, 1989.

CAIRES, E. F.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T, Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 26, n. 4, p. 1011-1022, 2002.

CARLIN, S. D.; RHEIN, A. F. de L.; SANTOS, D. M. M. dos. Efeito simultâneo da deficiência hídrica e do alumínio tóxico no solo na cultivar IAC91-5155 de cana-de-açúcar. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 33, n. 2, p. 553-564, 2012.

CARMO, D. L.; SILVA, C. A. Condutividade elétrica e crescimento do milho em solos contrastantes sob aplicação de diversos níveis de calagem. Pesq. agropec. bras., Brasília, v.51, n.10, p.1762-1772, 2016.

CARNEIRO, J. S. S.; SOUSA, S. A.; NIKKEL, M.; DEUSDARÁ, T. T.; MACHADO, A. F.; RUBENS RIBEIRO DA SILVA, R. R. Supercalagem: alterações em atributos químicos de um Latossolo vermelho-amarelo distrófico. Rev. Ciênc. Agroamb. 2018.

CASTRO, S.G.Q.; FRANCO, H.J.C.; MUTTON, M.A. Harvest managements and cultural practices in sugarcane.Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.37, p.299-306, 2014.

CHURKA BLUM, S.; CAIRES, E. F.; ALLEONI, L. R. F. Lime and phosphogypsum application and sulface retention in subtropical soils under no-till system. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, v.13, p. 279-300, 2013.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de Cana-de-açúcar. Safra 2019/20. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 novembro 2020.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar.v. 4 - Safra 2017/18, n. 3 - Terceiro levantamento, Brasília. 2017.

Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de Cana-de-açúcar. Safra 2019/20. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 10 novembro 2020.

CORRÊA, R. M.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. Adsorção de fósforo em dez solos do Estado de Pernambuco e suas relações com parâmetros físicos e químicos. Acta ScientiarumAgronomy. 2011.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C.; NETO, J. F.; CASTRO, G. S. A. Residual effects of superficial limingon tropical soilunder no-tillage system. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 51, p.1633-1642, 2016.

DIOLA, V.; SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. Cana-de-açúcar: bioenergia, açúcar e álcool: tecnologias e perspectivas. Viçosa: Editora UFV. p. 25-49, 2010.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. Efeito da água no rendimento das culturas. (Traduzido por GHEYI, H. R.; SOUZA, A.A.; DAMASCENO, F.A.V.; MEDEIROS, J.F. Campina Grande: FAO, 1994.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema brasileiro de classificação de solos (5a ed). Brasília: Embrapa Solos. 2018.

ERNANDES, M. L. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum* SSP.) cultivadas em espaçamentos simples e duplos. 2005. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira. 2005.

ESPIRONELO, A.; GALLO, J. R.; LAVORENTI, A.; IGUE, T.; HIROCE, R. Efeitos da adubação NPK nos teores de macronutrientes das folhas de cana-de-açúcar (cana-soca). Bragantia, v.45, p.377-382, 1986.

FERNANDES, O. W. B. Avaliação de variedades de cana-de-açúcar para a produção de cachaça artesanal e a interferência dos resultados no comportamento de produtor na região de Salinas-MG. Seropédica. 2005.

FERRAZ, R. L. S.; BARBOSA, M. A.; BATISTA, J. L.; MAGALHÃES, I. D.; DANTAS, G. F.; FRANCO, F. O. Calagem em cana-de-açúcar: efeitos no solo, planta e reflexos na produção. InterfacEHS – Saúde, MeioAmbiente e Sustentabilidade. São Paulo. 2015.

FRANCO, H.C.J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P.C.O.; VITTI, A.C.; OTTO, R.; FARONI, C.E.; SARTORI, R.H. & TRIVELIN, M.O. Acúmulo de nutrientes pela canaplanta. STAB Açúcar, Álcool Subpr., 26:47-51, 2008.

GUO, T. R.; ZHANG, G. P.; LU, W. Y.; WU, H. P.; WU, F. B.; CHEN, J. X.; ZHOU, M. X. Effect of Al on dry matter accumulation and Al and nutrients in barleys differing in Al tolerance. Plant Nutrition and Fertilizer Science, Beijing, v. 9, p. 324-330, 2003.

IBGE. Banco de dados agregados: Levantamento Sistemático da Produção Agrícola - setembro 2020 Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/lspa/brasil>. Acessoem: 12 de novembro 2020.

INMAN-BAMBER, N.G.; SMITH, D.M. Water relations in sugarcane and response to water deficits.Field Crops Research, v. 92, p. 185-202, 2005.

JADOSKI, C.J.; TOPPA, B.E.V.; JULIANETTI, A.; HULSBOF, T.; ONO, E.O.; RODRIGUES, J.D. Physiology development in the vegetative stage of sugarcane. Pesquisa aplicada e agrotecnologia. 2010.

KAMINSKI, J.; SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; BRUNETO, G.; SILVA, L. S. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 29, n. 3, p. 573-580, 2005.

KORNDORFER, G. H.; ALCARDE. J. C. Acúmulo e teor de fósforo em folhas de cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.16, p.217-222, 1992.

LACERDA, A. R. S., et al. Produtividade da cana-de-açúcar em resposta a adubação NPK em diferentes épocas. HUMANIDADES E TECNOLOGIA (FINOM). 2019.

LANA, R.M.Q.; ZANÃO JÚNIOR, L.A.; KORNDORFER, G.H. & MACIEL JUNIOR, V.A. Parcelamento da adubação potássica na cana-planta. STAB Açúcar, Álcool Subpr., 23:28-31, 2004.

MAGALHÃES, A.C.N. Ecofisiologia da cana-de-açúcar: aspectos do metabolismo do carbono na planta. In: P. R. C. CASTRO; S. O. FERREIRA; T. YAMADA (Ed.) Ecofisiologia da Produção Agrícola, Piracicaba: Potafos, 1987.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. Piracicaba: Agronômica Ceres, 2006.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. 2.ed. Piracicaba: ABPPF, 1997.

MARIN, F. R. Eficiência de produção da cana-de-açúcar brasileira: estado atual e cenários futuros baseados em simulações multimodelos. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2014.

MARINHO, M.L.; ALBURQUERQUE, G.A.C.; ARAUJO, J.T. Efeito da calagem sobre a cana-de-açúcar em solo argiloso fortemente ácido em Alagoas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 14., 1980, Cuiabá. Anais. Campinas. 1980.

MARSCHNER, H., 1995. Functions of mineral nutrients: macronutrients mineral. In: Nutrition of Higher Plants. Academic Press, London, p. 889.

MELO, R. M.; VIEIRA, M. A.; CARNEVALI, T.O.; GONÇALVES, W.V.; TORALES, E. P.; TOLOUEI, S. E. L.; SANTOS, C. C. Calagem e textura do substrato afetam o desenvolvimento de Campomanesia adamantium (Cambess.) O. Berg. Rev. de Ciências Agrárias. Lisboa, v. 42, n.1, p. 99-108, 2019.

MONTEIRO, J. E. et al. Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola. 2009. BATISTA, L. M. T. Avaliação morfofisiológica da cana-de-açúcar sob diferentes regimes hídricos. 2013. 125p. (Dissertação em Agronomia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária. 2013.

MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; MOURA, A. B.; SANTOS, A. C. I.; OLIVEIRA FILHO, M. S.; SILVA, L. C. Diagnose nutricional de variedades de cana-de-açúcar em Argissolos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande. 2014.

MOZAMBANI, A. E. et al. História e morfologia da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba: [s.n.], 2006. p. 11-18.

MUCHOW, R.C.; Spillman, M.F.; Wood, A.W.; Thomas, M.R. Radiation interception and biomass accumulation in a sugarcane crop grown under irrigated tropical conditions.Australian Journal of Agricultural Research, Amsterdan, v. 45, n 1, p.37–50, 1994.

MURPHY, J.; RILEY, J. P.A modified single solution method for the determination of phosphate in natural water. Analytica Chimica Acta, v.27, p.31-36, 1962.

NASCIMENTO, F. N. Rendimento e qualidade da cana-de-açúcar sob níveis de n e k2O via solo e fertirrigação por gotejamento subsuperficial. 2017. 78 f. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal do Piauí, Teresina.

NATALE, W.; PRADO, R. M.; ROZANE, D. E.; ROMUALDO, L. M. Efeitos da calagem na fertilidade do solo e na nutrição e produtividade da goiabeira. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa-MG, v. 31, n. 6, p. 1475-1485, 2007.

NDUWUMUREMYI, A. Soil acidification and lime quality: sources of soil acidity, its effects on plant nutrients, efficiency of lime and liming requirements. Journal of Agriculture and Allied Sciences, v.2, n.4, p.26-34, 2013.

NETAFIM.Variedades. 2014. Disponível em: <http://www.sugarcanecrops.com/p/agronomic_practices/improved_varieties>. Acesso em: 10 de novembro de 2020.

NOBILE, F. O.; FARINELLI, R.; KFOURI JÚNIOR, F.; PESSI, G. H. P. Aplicação de calcário em superfície: estudo da influência nas propriedades químicas de um Latossolo vermelho distrófico sob o cultivo de cana-de-açúcar. Revista Brasileira Multidisciplinar. Barretos. 2017.

OLIVEIRA, C. M. R.; PASSOS, R. R.; ANDRADE, F. V.; REIS, E. F.; STURM, G. M.; SOUZA, R. B. Corretivos da acidez do solo e níveis de umidade no desenvolvimento da cana-de-açúcar. Revista Brasileira de Ciências Agrárias. Recife. 2010.

OLIVEIRA, E. C. A.; OLIVEIRA, R. I.; ANDRADE, B. M. T.; FREIRE, F. J.; LIRA JUNIOR, M. A.; MACHADO, P. R. Crescimento e acúmulo de matéria seca em variedades de cana-de-açúcar cultivadas sob irrigação plena. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2010a.

OLIVEIRA, P.D.; AMBROSINI, V.G.; MELO, G.W.B.; ZALAMENA, J.; BRUNETTO, G. Uso de calcário na amenização da toxidez de cobre em videiras jovens. Científica, v.43, n.4, p.427-435, 2015.

ORLANDO FILHO, J.; HAAG, H.P.; ZAMBELLO JR., E. Crescimento e absorção de macronutrientes pela cana-de-açúcar, variedade CB 41-76, em função da idade, em solos do Estado de São Paulo. Boletim Técnico Planalsucar, v.2, p.1-128, 1980.

ORLANDO FILHO, J.; SILVA, L.C.F., MANOEL, L.A. Fontes de calcário aplicadas em área total e sulco de plantio em cana-de-açúcar. Stab, Açúcar Álcool e Subprodutos, Piracicaba. 1990.

ORLANDO FILHO, J.; ZAMBELLO JUNIOR, E. & RODELLA, A.A. Calibração do potássio no solo e recomendação de adubação para cana-de-açúcar. Brasil Açuc., 97:18-24, 1981.

ORTOLANI FILHO, J. Nutrição e adubação de cana-de-açúcar no Brasil. Piracicaba: Instituto do Açúcar e Álcool/PLANALSUCAR, 1983.

PEREIRA, A. P. de A.; SILVA, M. C. de B.; OLIVEIRA, J. R. de S.; RAMOS, A. P. de S.; FREIRE, M. B. G. S.; FREIRE, F. J.; KUKLINSKY-SOBRAL, J. Influência da salinidade sobre o crescimento e a produção de ácido indol acético de Burkholderia spp. endofíticas de cana-de-açúcar, Bioscience Journal, Uberlândia. 2012.

PEREIRA, M. J.; SANTOS, R. L.; SILVA, C. J. C.; ATAIDE, L. S. C.; SANTOS, R. V. S.; MONTE, I. R.; SILVA, I. C.; SANTOS. J. A.; SANTOS. M. B. C. Development of sugarcane varieties under foliar application of Nitrogen.Research, Society and Development. 2020.

PRADO, R. M. A calagem e as propriedades físicas de solos tropicais: revisão de literatura. Revista Biociências. 2003.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; NATALE, W. Calcário e escória de siderurgia avaliados por análise foliar, acúmulo, e exportação de macronutrientes em cana-de-açúcar. Scientia Agrícola, v.59, p.129-135, 2002.

QUAGGIO, J. A. Acidez e calagem em solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 2000.

REIS JÚNIOR, R. A.; MONNERAT, P. H. DRIS norms validation for sugarcane crop. Pesquisa Agropecuária do Brasil, v.38, p.379-385, 2003.

RESENDE SOBRINHO, E.A. Comportamento de variedades de cana-de-açúcar em Latossolo Roxo, na Região de Ribeirão Preto/SP. Jaboticabal, 2000, 85 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

RIBEIRO, J. F. G. Mudanças climáticas e a expectativa de seus impactos na cultura da cana-de-açúcar na região de Piracicaba, SP. Piracicaba: ESALQ/USP, 2008.

RIDESA. Catálogo Nacional de Variedade (RB) República Brasil. Curitiba, 2010.

RIDESA. Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro. 45 anos de variedades RB de cana-de-açúcar – 25 anos de Ridesa. Editora Graciosa. Curitiba. 2010.

ROSENDO, B. H. B. Crescimento de variedades de cana-de-açúcar em resposta a calagem no brejo paraibano. Trabalho de graduação apresentado à Coordenação do Curso de Agronomia, do Centro de Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em cumprimento às exigências para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. Areia. 2019.

ROSSETTO, R.; SPIRONELLO, A.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação com a adubação potássica. Bragantia. Campinas. 2004.

SALVADOR, J.T.; CARVALHO, T.C.; LUCCHESI, L.A.C. Relações cálcio e magnésio presentes no solo e teores foliares de macronutrientes. Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambientais, v.9, n.1, p.27-32, 2011.

SANCHES, GM et al. Ambientes de produção de precisão para canaviais. Scientia Agricola, 76 (1): 10-17, 2019.

SANCHEZ, P. A.; COCHRANE, T. T. Soils constraints in relation to major farming systems of tropical America. In: International Rice Research Institute. Soil related constraints to food production in the tropics. Los Banos: IRRI, 1980.

SANTOS, D. Ecofisiologia da cana-de-açúcar. In: Recomendações técnicas para cultura da cana-de-açúcar no estado do Paraná. Londrina: Instituto Agronômico, 1977.

SANTOS, H. G.; ZARONI, M. J.; ALMEIDA, E. P. C. Agência Embrapa de Informação Tecnológica - Argissolos Vermelho-Amarelos. Brasília. 2020. Disponível em:<https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONT000gn0pzmhe02wx5ok0liq1mqk4130gy.html> Acesso em 09 de novembro de 2020.

SANTOS, M.A.C., SOBRAL, A. F., MEDEIROS, A.P., PEREIRA, J.M.A. Effect of liming on the production of sugarcane and the fertility of the soil in the state of Pernambuco. In: CONGRESS OF THE ISSCT- INTERNATIONAL SOCIETY OF SUGARCANE TECHNOLOGISTS, 17., Manila, 1980. Proceedings. Manila: ISSCT, 1980.

SCARPARI, M. S.; BEAUCLAIR, E. G. F. de. Anatomia e botânica. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M. de; LANDELL, M. G. de A. (Ed.). Cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico, 2010.

SHEKINAH, D. E., SUNDARA, B., & RAKKIYAPPAN, P. (2012). Relative Significance of N Nutrition on Yield, Quality and Ethanol in Sugarcane (Saccharum species hybrid) Plant: Ratoon System. Sugar Tech, 14(2), 34–137.

SILVA, F.C. Manual de análises químicas de solos, plantas efertilizantes. Brasília, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1999.

SILVA, L. F. I. Plantio e tratos culturais na cana-de-açúcar na região da zona da mata de Pernambuco. Trabalho de conclusão de curso apresentado a UFRPE – Campus Recife-PE, referente ao estágio na Usina trapiche S/A no ano de 2018. Como requisito para obtenção no curso: Bacharelado em Agronomia. 2018.

SILVA, S. V.; SANTOS, J. Z. L.; TUCCI, C. A. F.; CARDOSO, A. A. S. Efeito de doses de calcário e cultivares na produtividade e qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar em solo da Amazônia. Revista Agro@mbiente On-line. Boa Vista. 2014.

SIMÕES NETO, D. E. et al. Características agroin-dustriais da cana-de-açúcar em função da adubação fosfatada, em solos de Pernambuco. Revista Brasi-leira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campi-na Grande, v. 16, n. 4, p. 347-354, 2012.

SOLERA, M. A. C. Efeito da relação Ca:Mg, utilizando carbonatos e sulfatos, sobre o crescimento e a nutrição mineral da cana-de-açúcar. 1988. 186f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1988.

SORATTO, R.P.; CRUSCIOL, C.A.C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.32, n.2, p.675-688, 2008.

SOUSA, D. M. G.; REIN, T. A.; NUNES, R. S.; SANTOS JUNIOR, J. D. G. Recomendações para Correção da Acidez do Solo para Cana-de-Açúcar no Cerrado. Planaltina. 2015.

SOUSA, D. S.; PEREIRA, W. E. Atividade agrícola do brejo paraibano: declínio e tendências atuais. Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável, v. 6, n. 3, p. 11-20, 2016.

SOUTO, P. C.; SOUTO, J. S.; MIRANDA, J. R. P.; SANTOS, R. V.; ALVES, A. R. Comunidade microbiana e mesofauna edáficas em solo sob caatinga no semi-árido da Paraíba. Revista Brasileira de Ciência do Solo. 2008.

SPARKS, D.L. & HUANG, P.M. Physical chemistry of soil potassium. In: MUNSON, R.D., ed. Potassium in agriculture. Madison, American Society of Agronomy, 1985.

STAUT, L. A. Condições dos solos para o cultivo de cana de açúcar. Disponível em:< ttp://www.cpao.embrapa.br/portal/artigos/artigos/artigo18.html#sdfootnote4sym> Acesso em 20 de novembro de 2020.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; ANGHINONI, I.; BISSANI, C. A.; CAMARGO, F. A. O.; SIRIO WIETHÖLTER, S. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre. 2015.

TEIXEIRA, P. C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G. Manual de Métodos de Análise de Solo. 3. ed. Brasília: Embrapa Solos, 2017, 573 p.

THOMAS, R.L.; SHEARRD, R.W. & MOYER, J.R. Comparison of conventional and automated procedures for N, P and K analysis of plant material using a single digestion. Agron.J., v. 59, p.240-243, 1967.

TROUSE, A. C. Effects of soil compression on the development of sugar cane roots. IN: INTERNATIONAL SOCIETY SUGAR CANE TECHNOLOGISTS CONGRESS, 12., 1967, Amsterdam. Proceedings. Amsterdam: Elsevier, 1967.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DA CANA-DE-AÇÚCAR - ÚNICA. Setor sucroenergético: Balanço de atividades de 2012 a2019. 2020. Available in: <Available in: https://www.unica.com.br/wp-content/uploads/2019/06/Relatorio-Atividades-201213-a-201819.pdf>. Acesso em 10 de novembro de 2020.

VIEIRA-JUNIOR, P. A. et al. Produção brasileira de cana-de-açúcar e deslocamento da fronteira agrícola no estado do Mato Grosso. Informações Econômicas. 2008.

VITORINO, L. B.; SILVA. A. de A.; LANA, R. M. Q. Influência da adubação com dejetos orgânicos e adubo mineral sobre o teor de metais pesados no solo e na cana-de-açúcar. Bioscience Journal, Uberlândia, v. 28, Supplement 1, p. 72-82, 2012.

WATT, D. A.; MCCORMICK, A. J.; CRAMER, M. D. (2014).Source and Sink Physiology. In P. H. Moore & F. C. Botha, (Eds), Sugarcane: Physiology, Biochemistry and Functional Biology. Oxford: Willey Blackwell, 2014.

YEOMANS, J.C.; BREMNER, J.M.A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. Communications in Soil Science and Plant Analysis. New York, v. 19, n 13, p. 1467-1476, 1988.