



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE AGRONOMIA**

JOÃO HENRIQUE BARBOSA DA SILVA

**DESEMPENHO VEGETATIVO, TROCAS GASOSAS E PRODUTIVIDADE DE
CANA-DE-AÇÚCAR ADUBADA COM TORTA DE FILTRO ENRIQUECIDA**

AREIA

2022

JOÃO HENRIQUE BARBOSA DA SILVA

**DESEMPENHO VEGETATIVO, TROCAS GASOSAS E PRODUTIVIDADE DE
CANA-DE-AÇÚCAR ADUBADA COM TORTA DE FILTRO ENRIQUECIDA**

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 a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

ORIENTADOR: Prof. Dr. Fabio Mielezrski

AREIA

2022

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586d Silva, João Henrique Barbosa da.

Desempenho vegetativo, trocas gasosas e
produtividade de cana-de-açúcar adubada com torta de
filtro enriquecida / João Henrique Barbosa da Silva. -
Areia:UFPB/CCA, 2022.

40 f. : il.

Orientação: Fabio Mielezrski.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Fotossíntese. 3. Nutrição. 4.
Saccharum officinarum L. I. Mielezrski, Fabio. II.
Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)

JOÃO HENRIQUE BARBOSA DA SILVA

**DESEMPENHO VEGETATIVO, TROCAS GASOSAS E PRODUTIVIDADE DE
CANA-DE-AÇÚCAR ADUBADA COM TORTA DE FILTRO ENRIQUECIDA**

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 a
obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovado em: 23 / 02 /2022.

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabio Mielezski – Orientador
DFCA/CCA/UFPB



Prof. Me. Antônio Veimar da Silva – Examinador
UFPB



Me. João Paulo de Oliveira Santos – Examinador
UFPB

Ao meu Deus, por nunca me abandonar. Aos meus pais (João Soares da Silva e Lidianne Barbosa de Lima) pelo apoio e toda força. Ao meu avô (Manoel Felismino de Lima) *in memoriam* pelo exemplo de ser humano.

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus, por me dar forças para continuar e nunca desisti dos meus objetivos.

Ao professor e amigo Fabio Mielezrski, meu orientador, por todo apoio ao longo deste trabalho, orientações e paciência para a elaboração dessa obra, me dando espaço para a realização desse sonho.

Ao meu pai, João Soares da Silva, pessoa ímpar em minha vida, que me ajudou em todos os meus caminhos e nunca me abandonou. Sou feliz em ter o senhor como pai.

A minha mãe, Lidiane Barbosa de Lima, pessoa ímpar em minha vida, que sempre esteve ao meu lado, me ensinando, apoiando, e torcendo pelo meu sucesso. Sou grato a Deus por ter a senhora em minha vida.

Ao meu avô, Manoel Felismino de Lima (*in memoriam*), que me ensinou a ser uma pessoa melhor, a batalhar pelos meus sonhos e que mesmo estando fisicamente ausente, me dar forças para nunca desistir.

Aos meus irmãos, Jamerson Barbosa da Silva, Jhonata Barbosa da Silva, e Emmylee Fernanda, que sei que torcem pelo meu sucesso e sempre estarão ao meu lado em todos os momentos. E que um dia serei fonte de sabedoria para ajuda-los em seus caminhos profissionais.

A minha noiva, Suzanna Carneiro e Gouveia, por sempre estar ao meu lado, me ajudando, apoiando, e sempre na torcida pelo meu sucesso. Você foi uma das chaves principais por eu chegar até aqui, sou grato por tudo que fez e faz em minha vida.

A Maria José Carneiro, por me receber de braços abertos em seu lar, local onde nunca me faltou nada e sempre fui bem recebido e amado. A minha sogra, Silvana Carneiro, por toda ajuda e por ser uma pessoa que me ajudou desde o início. A Simone Carneiro, por sempre me apoiar nessa trajetória e me ajudar em muitos momentos da minha vida. A Márcia Carneiro, por toda ajuda e força para que eu nunca desistisse desse sonho.

A minha tia, Lenilda Barbosa de Lima, que sempre me deu forças para eu conseguir chegar até aqui, me apoiando e ajudando nos momentos bons e ruins.

A minha prima e madrinha, Paula Roberta Barbosa da Silva, que sempre esteve ao meu lado desde o início do curso, me apoiando, ajudando e torcendo por mim.

A minha tia, Nina, que me ajudou muito e apoiou para que eu conseguisse chegar até aqui.

Aos colegas de classe da turma de Agronomia 2017.1 pelas trocas de conhecimento e apoio recebido. Em especial, aos amigos (os irmãos), Francisco Neto, Antônio Marcos, Luiz Daniel e Bilac Soares, por tudo que vivemos juntos ao longo desses anos.

Aos amigos, João Paulo e José Rayan, por todo apoio acadêmico durante a elaboração desse sonho e pela ajuda e parceria de sempre nas pesquisas. Admiro muito vocês, sempre dispostos a ajudar.

Aos amigos, Antônio Veimar, José Manoel, Lucilo José, Adjair Silva, Fabiano Simplício e José Eldo, pessoas de um coração grande e que me ajudaram de alguma forma nessa pesquisa.

Aos amigos que Areia me deu, Alison, Bruno, Vitão, Jan, pessoas de um enorme coração e que sou feliz em ter ao meu lado.

Ao grupo de estudo GESUCRO, por todo auxílio, apoio e espaço para o desenvolvimento desse trabalho em campo.

Aos amigos, Mayra, Williams, Edson, Júnior, Juanderson, Eduardo “Abacaxi”, Arthur peixe, Artur Silva, Belchior, Diego, Dimas, Fidelis, Raiff, ‘Xuriu’, Gustavo, Matheus, Rodolfo, agradeço por ter pessoas boas ao meu lado e torcem por mim.

A UFPB pelas bolsas e auxílios estudantis concedidos, que foram essenciais na conclusão deste curso de graduação.

A Usina Monte Alegre S/A por todo suporte que precisei na realização deste trabalho.

Aos que contribuíram diretamente ou indiretamente para a realização deste sonho,

OBRIGADO A TODOS!

SILVA, João Henrique Barbosa da. **Desempenho vegetativo, trocas gasosas e produtividade de cana-de-açúcar adubada com torta de filtro enriquecida**. Areia – PB, 2022. 42 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal da Paraíba.

RESUMO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), é uma cultura que ocupa posição privilegiada no agronegócio brasileiro. Seu beneficiamento gera elevadas quantidades de resíduos orgânicos, que vem sendo alvo de aproveitamento como agente condicionador dos solos, como é o caso da torta de filtro. Nesse sentido, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do uso da torta de filtro enriquecida sob o desempenho vegetativo, trocas gasosas e produtividade da variedade de cana-de-açúcar RB041443. O trabalho foi realizado na área agrícola da Usina Monte Alegre S/A, localizada no município de Mamanguape-PB. O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com 12 tratamentos, com quatro repetições, totalizando 48 parcelas. Os parâmetros avaliados foram: Altura de plantas, Número de folhas, Diâmetro do colmo, Número de entrenós, Perfilhamento, Trocas gasosas e Toneladas de colmo por hectare. Os dados foram submetidos a Análise de Variância pelo teste F e posterior teste de médias pelos critérios de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, além de serem submetidos a Análise de Componentes Principais (ACP). A utilização da torta de filtro enriquecida como adubação de fundação na cultura da cana-de-açúcar possibilitou o aumento nas variáveis de crescimento e produtividade, com destaque para o tratamento T10 (Torta + Gesso + Bagaço). Ademais, o uso de torta de filtro enriquecida influenciou nas trocas gasosas da cana-de-açúcar RB 041443, com respostas positivas, sendo importante mais pesquisas relacionadas ao tema para melhoria da cultura da cana-de-açúcar no Estado da Paraíba.

Palavras-chave: fotossíntese; nutrição; *Saccharum officinarum* L.

SILVA, João Henrique Barbosa da. **Vegetative performance, gas exchange and productivity of sugarcane fertilized with enriched filter cake**. Areia – PB, 2022. 42 p. Course Completion Work (Graduation in Agronomic) - Federal University of Paraíba.

ABSTRACT

The Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) is a crop that occupies a privileged position in Brazilian agribusiness. Its processing generates high amounts of organic waste, which has been used as a soil conditioning agent, such as filter cake. In this sense, the present work aimed to evaluate the effect of the use of enriched filter cake on the vegetative performance, gas exchange and productivity of the sugarcane variety RB041443. The work was carried out in the agricultural area of Usina Monte Alegre S/A, located in the municipality of Mamanguape, State of Paraíba, Brazil. The experiment was set up in a randomized block design with 12 treatments, with four replications, totaling 48 plots. The parameters evaluated were plant height, number of leaves, stem diameter, number of internodes, tillering, gas exchange and tons of stem per hectare. The data were submitted to Analysis of Variance by the F test and subsequent test of means by the Scott-Knott criteria, at 5% probability, in addition to being submitted to Principal Component Analysis (PCA). The use of enriched filter cake as a foundation fertilizer in the sugarcane crop allowed for an increase in growth and production variables, with emphasis on the T10 treatment (Cake + Plaster + Bagasse). In addition, the use of enriched filter cake influenced the gas exchange of sugarcane RB 041443, with positive responses, being important more research related to the theme to improve the culture of sugarcane in the State of Paraíba.

Key words: photosynthesis; nutrition; *Saccharum officinarum* L.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo	18
Figura 2. Produtividade da cana-de-açúcar com a aplicação da torta de filtro enriquecida, nos tratamentos: (T1- Torta, T2- Torta + MAP, T3- Torta + Gesso, T4- Torta + Fosfato, T5- Torta + Bagaço, T6- Torta + MAP + Gesso, T7- Torta + MAP + Fosfato, T8- Torta + MAP + Bagaço, T9- Torta + Gesso + Fosfato, T10- Torta + Gesso + Bagaço, T11- Torta + Fosfato + Bagaço e T12- Testemunha (Apenas MAP)). Mamanguape, Paraíba, 2020.....	25
Figura 3. Taxas de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci) e transpiração (E) de cana-de-açúcar submetida a diferentes tratamentos com Torta de filtro enriquecida.....	27
Figura 4. Análise de Componentes Principais (ACP)	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental (0-0,20 e 0,20-0,40 m), respectivamente.....	19
Tabela 2. Atributos físico químicos da Torta de Filtro utilizada no experimento. Mamanguape-PB, Brasil.....	19
Tabela 3. Tratamentos e quantidades dos produtos e subprodutos utilizados no experimento por parcela.	20
Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), número de entrenós (NE), perfilhamento (PERF) e tonelada de colmo por hectare (TCH) submetida a diferentes tratamentos com Torta de filtro enriquecida na cana-de-açúcar.	23
Tabela 5. Valores médios para as características altura de plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), número de entrenós (NE) e perfilhamento (PERF) para os respectivos tratamentos com Torta de filtro enriquecida na cana-de-açúcar.	23
Tabela 6. Resumo da análise de variância para concentração interna de carbono (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese (A), eficiência instantânea do uso de água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) de cana-de-açúcar submetida a diferentes tratamentos com Torta de filtro enriquecida.	26
Tabela 7. Eficiência instantânea do uso de água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) de cana-de-açúcar submetida a diferentes tratamentos com Torta de filtro enriquecida.	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1. A cultura da cana-de-açúcar.....	12
2.2. Torta de filtro	14
2.3. Crescimento e fisiologia de cana-de-açúcar	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1. Área experimental.....	17
3.2. Condução experimental	18
3.3. Delineamento experimental	20
3.4. Variáveis Analisadas.....	20
3.5. Análise estatística	22
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5. CONCLUSÕES.....	31
REFERÊNCIAS	32

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), é uma cultura que ocupa uma posição privilegiada no país, apresentando grande importância no agronegócio brasileiro (FIGUEIREDO et al., 2022). Atualmente, essa cultura ocupa mais de oito milhões de hectares, tornando o Brasil promissor no panorama mundial na produção de açúcar, etanol e seus subprodutos (CONAB, 2021). A cana-de-açúcar é a principal fonte geradora de açúcar no mundo (KAAB et al., 2019), com participação superior na 70% produção dessa matéria-prima (SATHISH et al., 2018), com uma produção anual superior a 300 milhões de toneladas (PARIDA et al., 2020).

Um dos fatores que limitam o aumento da produtividade da cana-de-açúcar é o processo de adubação que supra as necessidades da cultura durante o seu ciclo (SILVA et al., 2021). Dessa forma, para que o canavial consiga uma boa longevidade, é necessário o manejo adequado da cultura que devem ser realizados desde o plantio até a colheita, equilibrando a adubação e o abastecimento de água quando necessário, promovendo de maneira significativa o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar (OLIVEIRA, 2019). Por sua vez, a agroindústria canavieira é geradora de elevadas quantidades de resíduos orgânicos que vem sendo alvo de aproveitamento como agente condicionador dos solos, recuperando suas propriedades físicas, químicas e biológicas (MIALICHI JÚNIOR et al., 2020). Dentre esses resíduos pode-se destacar a torta de filtro, composto da mistura do bagaço moído da cana e lodo da decantação, sendo um excelente produto orgânico para melhoria de solos de baixa fertilidade (SILVA et al., 2021).

Para cada tonelada de cana processada, gera-se média de 40 kg de torta de filtro, um composto rico em minerais essenciais como cálcio, fósforo, potássio, nitrogênio e matéria orgânica (SANTOS, 2015), e que pode ser uma importante fonte de nutrientes para a cana-de-açúcar. Dentre os benefícios do uso da torta de filtro, destaca-se melhoria na aeração do solo, na infiltração, armazenamento de água e na neutralização do impacto ocasionado pela chuva; ainda deve-se considerar o fato de que, as altas concentrações de P_2O_5 (Pentóxido de fósforo) e CaO (Óxido de cálcio) presentes na composição deste produto, propiciam o acúmulo de fósforo, potássio e favorecem a solubilidade de fosfatos naturais (SCHMIDT FILHO et al., 2016). Ainda segundo os autores, por ser um resíduo utilizado como fertilizante orgânico na cana-de-açúcar, o mesmo acarreta na redução de usos de adubos sintéticos, evitando contato diretamente em corpos d'água.

Dentro desse contexto, o presente trabalho objetivou avaliar o efeito do uso da torta de filtro enriquecida sob o desempenho vegetativo, trocas gasosas e produtividade da variedade de cana-de-açúcar RB041443 cultivada nos solos dos tabuleiros costeiros da Paraíba.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. A cultura da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), é uma espécie de gramínea pertencente à família das Poaceae, com destaque em boa adaptabilidade aos diferentes climas, especialmente tropicais e subtropicais, apresentando caules fibrosos, robustos e ricos em sacarose (SILVA et al., 2019). Essa cultura apresenta alta importância socioeconômica para o país, exercendo função significativa na produção de açúcar e etanol (GIOLO et al., 2021). Vale salientar que o cultivo da cana-de-açúcar engloba grandes áreas de terra no Brasil, sendo este o maior produtor e exportador mundial, acompanhado da Índia e China (SILVA; BARBOSA, 2021).

Estima-se para o primeiro levantamento na temporada 2021/22 no país uma produção equivalente a 38,9 milhões de toneladas de açúcar, 27 bilhões de litros de etanol e produção superior a 628 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2021). O Brasil, maior produtor mundial dessa cultura, na safra 2020/21 foi responsável por uma produção de 654.527,8 mil toneladas, produtividade de 75.965 kg/ha e uma área equivalente a 8.616,1 mil hectares (CONAB, 2021).

No estado da Paraíba, a produção estadual na safra 2020/21 foi de 6.242,1 mil toneladas, produtividade de 52.769 kg/ha e uma área de aproximadamente 118 mil hectares, representando cerca de 1% da área ocupada com a cultura no país (CONAB, 2021). Entretanto, embora esse estado apresentar áreas adequadas para o cultivo da cana-de-açúcar, a produtividade desta cultura na Paraíba é apontada como uma das menores da região Nordeste (AZEVEDO et al., 2021). De maneira geral, estima-se que a produção na Paraíba para a safra 2021/22 seja de aproximadamente 6.206,8 mil toneladas de cana-de-açúcar, sendo um pouco inferior a safra 2020/21 (CONAB, 2021).

A produção brasileira de cana-de-açúcar nas últimas décadas mais que dobrou, sendo possível, sobretudo, por meio da necessidade de atender as buscas globais de bioenergia para diminuir a dependência do petróleo bruto e reduzir as mudanças climáticas ocasionadas através da queima de combustíveis fósseis (BORDONAL et al., 2018). Além da produção de açúcar e etanol, a cultura da cana-de-açúcar apresenta alta relevância para a economia do país por ser

beneficiada para a origem de outros produtos e subprodutos derivados de sua matéria-prima, como a cachaça, melaço, rapadura, vinhaça e torta de filtro, além de ser empregada na alimentação animal e rico como fonte de energia através da queima do bagaço (OLIVEIRA et al., 2019).

A produtividade da cana-de-açúcar é regulada por vários fatores de produção, com ênfase para a variedade utilizada, práticas culturais, clima, controle de pragas e doenças, colheita, entre outros, sendo o solo responsável por 15%, os fatores climáticos por 43% e os fatores socioeconômicos, biológicos e de manejo representam juntos cerca de 42% na produtividade da cultura (MARIN; CARVALHO, 2012). Diante disso, para garantir a qualidade da matéria-prima é imprescindível que haja o planejamento e monitoramento exato de todas as tarefas vinculadas no ciclo da cultura (ARCOVERDE et al., 2019).

No processo de implantação da cana-de-açúcar é de extrema importância que se tenha um adequado preparo do solo no local de cultivo, com o intuito de favorecer o crescimento radicular da planta e evitar competição com ervas daninhas, além do plantio, sendo este um outro processo importante para que a cultura possa se desenvolver durante o seu ciclo, sem bloqueios, com ótimo aproveitamento dos recursos naturais e aumento da produtividade do canavial (PILAN et al., 2017). No entanto, independentemente do local onde é cultivada, a cana-de-açúcar é uma planta rigorosa, especialmente na sua fase de crescimento, sendo primordial índices de chuvas na região de cultivo para que o *stand* inicial possa ser bem-sucedido para o seu desenvolvimento, seguido de um período de restrição hídrica no estágio de maturação para facilitar altas concentrações de sacarose (FRANCISCO et al., 2016).

A cultura da cana-de-açúcar apresenta em média cinco cortes durante seu ciclo com favorável potencial de produção, em que o primeiro corte se denomina de “cana planta”, o segundo corte “cana soca” ou “segunda folha” e o terceiro por diante “ressoca”. Dessa forma, um canavial tem duração em média de cinco anos, apresentando ótimos índices produtivos quando bem manejada, com capacidade de percorrer por mais tempo a sua longevidade, mas, com grande tendência de produção reduzida a depender do manejo, condições físicas e climáticas da área (AGEITEC, 2021).

Posto isso, pesquisas direcionadas a cultura da cana-de-açúcar são de alta relevância para o setor canavieiro do país, tendo em vista o elevado potencial de comercialização, além da vasta demanda pelas indústrias sucroenergéticas.

2.2. Torta de filtro

A Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), estima que cada tonelada de cana-de-açúcar moída no país, gera aproximadamente 40 kg de torta de filtro, resultando na safra 2017/18 aproximadamente 26 milhões de toneladas desse material no Brasil (CONAB, 2017).

O emprego da torta de filtro vem apresentando respostas satisfatórias em muitas culturas de interesse agrícola, como é o caso da cana-de-açúcar sob as características produtivas e tecnológicas (VASCONCELOS et al., 2017). A torta de filtro é utilizada nas adubações de cana-planta, tornando-se uma complementação com adubos minerais na cultura, apontando percentual de umidade de 70% a 80%, com altos teores de matéria orgânica e fósforo, além de outros elementos essenciais para a cana-de-açúcar como o nitrogênio, cálcio e potássio (VAZQUEZ et al., 2015). Os fertilizantes orgânicos como a torta de filtro, em resultado da reação mais lenta, têm a capacidade de conceder nutrientes de forma gradual, sendo capaz de garantir o seu fornecimento no decorrer de todo o ciclo da cana-de-açúcar (NOLLA et al., 2015).

A aplicação da torta de filtro na cana-de-açúcar é uma prática frequente, facilitada através do desenvolvimento de implementos específicos para a sua utilização no cultivo da cultura devendo optar por sua utilização em solos mais arenosos e com pouco teor de matéria orgânica (ROSSETO; SANTIAGO, 2014). A resposta na produtividade da cana-de-açúcar nas doses elevadas de torta de filtro é benéfica, conseguindo suprir total ou parcialmente os nutrientes N, P, Ca, Mg e S, e os micronutrientes B, Cu, Fe, Mn e Zn, conforme a dose de torta utilizada na área de implantação do canavial (MOURA FILHO et al., 2011). De maneira a melhorar a qualidade da torta de filtro em relação aos nutrientes e reduzir o teor de umidade do material, vem sendo empregado diferentes compostos através da mistura de torta de filtro com outros diferentes materiais como o gesso e bagaço (INNOCENTE, 2015), fosfato (CAIONE et al., 2018) e o MAP (SILVA et al., 2021).

A torta de filtro em sua composição é rica em fósforo, e sabendo que as reservas minerais deste elemento são finitas e que se tem uma alta procura por este nutriente na agricultura, torna este produto uma importante fonte de fósforo para a cana-de-açúcar (CAMPOS, 2016). A torta de filtro age como um sustentador do crescimento microbiológico bem como da atividade enzimática no solo, favorecendo e diminuindo a aplicação de fertilizantes químicos, que resulta em benefícios na produtividade das soqueiras da cultura da cana-de-açúcar (YANG et al., 2013). Dessa forma, é essencial estudos envolvendo estes fatores em cultivo com a utilização da torta de filtro na cana-de-açúcar.

O manejo da torta de filtro como fonte de matéria orgânica é uma prática que vem sendo muito utilizada na produção vegetal, e se dá devido aos incrementos em nutrientes desse produto que são benéficos para a cana-de-açúcar, além de ajudar nas características físicas e biológicas do solo (SANTANA et al., 2012), e por ser rica em matéria orgânica, a torta de filtro serve de alimento para microrganismos (GONZÁLEZ et al., 2014). A composição desse produto pode variar a depender da variedade usada, maturação da cana, tipo de solo, eficácia da moagem e com o procedimento de clarificação do caldo (SOLOMON, 2011).

Este produto era adquirido apenas no processo de produção de açúcar, sendo descartável, atualmente, as usinas alcooleiras também fornecem a torta de filtro como forma de adubação (RAMOS et al., 2017). Isso se dá devido ao alto potencial de retorno econômico da cultura da cana-de-açúcar acerca do emprego de fósforo que é relacionado à torta de filtro de maneira considerável, proporcionando um menor uso de adubos minerais fosfatados (VASCONCELOS, 2019). Dessa forma, o uso da torta de filtro como adubo orgânico para os solos é uma promissora e sustentável opção para a cana-de-açúcar.

Pesquisas mostram que a aplicação da torta de filtro em fundo de sulco de plantio da cana-de-açúcar aumenta o comprimento do colmo, o número de plantas por hectare, a produtividade da cultura e eleva também a produção do açúcar, sendo sugerido o uso desse produto ligado a adubação mineral como forma de potencializar o efeito sobre a produtividade e diminuir os custos com adubos minerais (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011). Portanto, os efeitos de sua utilização resultam em maior crescimento e desenvolvimento das plantas.

Os dados na literatura apontam que os resultados da torta de filtro na produção do colmo e rendimento de açúcar acontecem em maior evidência no primeiro ciclo da cultura da cana-de-açúcar, em que o seu fornecimento em cerca de 10 ou mais toneladas por hectares no sulco de plantio supre a demanda de fósforo da planta e parte ou total do nitrogênio, nutrientes estes que são essenciais para a cultura (CAIONE et al., 2015). Nas soqueiras, por sua vez, os efeitos positivos estão mais associados com doses maiores de torta de filtro, em cerca de 50 toneladas por hectares, ou em menor aplicação de quantidades nos sulcos ligada a uma dosagem superior em área total (FRAVET et al., 2010).

2.3. Crescimento e fisiologia de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma planta que apresenta elevada aptidão para realização de fotossíntese, sendo característica de plantas com metabolismo C₄, com grande poder de concentração de CO₂ devido a diminuição da fotorrespiração, alcançando altas taxas de fotossíntese em grande intensidade de radiações solares (LUCENA et al., 2020). A fotossíntese

C4 teve sua evolução como um dos fundamentais mecanismos de concentração de carbono usados por plantas terrestres para equilibrar as limitações proporcionadas a baixos níveis de CO₂ atmosférico (NOVELLO et al., 2021). Ao longo de seu desenvolvimento, a cana-de-açúcar passa por diferentes estádios fenológicos que alteram as suas características durante o seu ciclo.

Para que a cana-de-açúcar consiga ter seu desenvolvimento de maneira positiva, fatores como radiação solar, temperatura e índice pluviométrico são primordiais. Esses fatores apresentam impactos direto no desempenho fisiológico da cultura em relação ao metabolismo de brotação, perfilhamento, crescimento e desenvolvimento dos colmos e na maturação (MANHÃES et al., 2015). Ainda segundo os autores, plantas C4 necessitam de altas intensidades luminosas, pois elevadas taxas de radiação conferem a cana-de-açúcar colmos mais grossos e curtos e o perfilhamento intenso.

A brotação acontece no início do desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar, considerada a fase inicial em que acontece o início do enraizamento dos toletes e a emergência dos primeiros brotos, em um período de 20 e 30 dias após o plantio (DAP), sigla para denominação em cana-planta ou 20 e 30 dias após o corte (DAC), sendo esta denominação referente na cana-soca, seguindo do segundo estágio denominado de perfilhamento, tendo início entre 20 e 30 DAP/DAC, conseguindo se estender até 120 DAP/DAC, sendo constituído como a emissão de diversos colmos através de uma única planta que são chamados de perfilhos, sendo estes responsáveis pela formação das touceiras de cana-de-açúcar (EMBRAPA, 2021).

O terceiro estágio é o crescimento vegetativo, também conhecido como desenvolvimento da parte aérea, que tem início aproximadamente aos 120 DAP/DAC, podendo continuar até os 270 DAP/DAC em cana de 12 meses, sendo este crescimento dos colmos influenciado por luz, umidade e calor, em que a planta ganha altura e inicia-se o acúmulo de sacarose na base dos colmos, seguindo, por fim, da última fase do estágio que é denominada de maturação, sendo essa a última fase da colheita, tendo início aos 270 DAP/DAC e responsável pela forte formação de sacarose nas folhas por meio da fotossíntese para passagem e acúmulo nos colmos (EMBRAPA, 2021). A maturação é considerada a fase fisiológica de grande importância para a cana-de-açúcar, tendo em vista proporcionar um maior retorno econômico, sendo estabelecida pelos fisiologistas como um estágio senescente entre o crescimento rápido e a morte final da planta (TOPPA et al., 2010).

A cana-de-açúcar apresenta boa adaptação a diversas regiões do país, principalmente de clima tropical, quente e úmido, expressando ótimo desempenho com temperaturas dentro da faixa de 19°C e 32°C, bem como uma equilibrada distribuição hídrica em seu ciclo, obtendo anualmente uma precipitação pluvial média acumulada superior a mil milímetros (MARIN,

2021), pois a condição hídrica é um fator primordial que faz com que a planta se limite a uma produção adequada, em que a sua necessidade vai depender de cada estágio fenológico (FERREIRA FILHO, 2019). Pesquisas apontam que a necessidade hídrica ideal para a cultura da cana-de-açúcar se dá entre 1500 a 2500 mm durante o seu ciclo, devendo ser distribuídos de maneira uniforme durante o desenvolvimento da cultura (AVILEZ, 2018).

A cana-de-açúcar é uma cultura que apresenta elevado crescimento em taxas de insolação da ordem de $18 \text{ a } 36 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$, em que a duração e a intensidade do brilho solar são essenciais no perfilhamento das plantas, assim como no crescimento dos colmos que aumentam em fotoperíodo referente a 10 e 14 horas (VIANNA, 2014). Em consonância a isso, a radiação solar participa de maneira direta no rendimento final da cultura por ser capaz de converter em biomassa por meio do processo de fotossíntese (SILVA et al., 2014). Assim, a fotossíntese atua como papel fundamental na produção de biomassa e produtividade das culturas, mas, para a cultura da cana-de-açúcar ainda é limitado esse entendimento do processo fisiológico quando se compara com outras culturas do tipo C4. Dessa forma, é necessárias pesquisas detalhadas da fisiologia da cana-de-açúcar, especialmente no tocante a fotossíntese foliar (MARTTIELLO et al., 2015).

Os estômatos que estão presentes nas folhas das plantas exercem papel essenciais para o controle da perda de água e ganho de carbono (SIMÕES et al., 2012). Vale salientar que a condutância estomática é acometida por vários fatores, mesmo que sejam de maneira moderada, os estômatos têm tendência a se fechar logo nos primeiros estádios de estresses, que podem trazer prejuízos para a cana-de-açúcar, como por exemplo a restrição na disponibilidade de substrato (CO_2) para a atividade fotossintética (TAIZ; ZIEGER, 2004). Portanto, a aferição de parâmetros referentes as respostas fisiológicas da cana-de-açúcar são fundamentais, proporcionando à tomada de decisões (SAMPAIO et al., 2014).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área experimental

O trabalho foi realizado na área agrícola da Usina Monte Alegre S/A, localizada no município de Mamanguape, Paraíba (Figura 1). Possuindo latitude de $6^\circ 50' 20''$ oeste, longitude $35^\circ 7' 33''$ norte e uma altitude de 51 m, estando situado à 52 km da capital João Pessoa (IBGE, 2012). O clima predominante da região é o As'- Tropical Chuvoso Quente segundo Köppen, sendo o bioclima classificado como Mediterrâneo ou Nordeste quente

(COSTA, 1986), temperatura média anual variando de 25 a 27°C, com uma pluviosidade média anual que varia de 1.400 a 1.800mm.

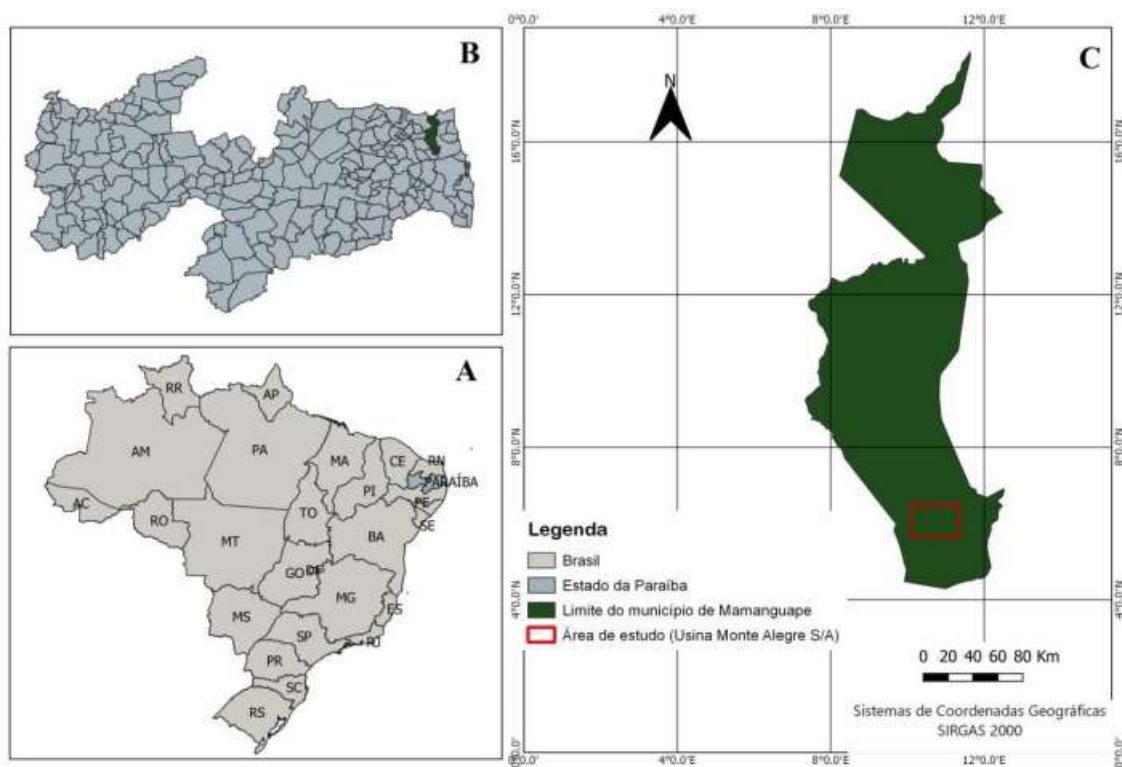


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo. A) Limite do Brasil em destaque o Estado da Paraíba; B) Estado da Paraíba em destaque a cidade de Mamanguape; C) Limite do município de Mamanguape em destaque a delimitação da área da Usina Monte Alegre S/A. **Fonte:** Dados do autor.

3.2. Condução experimental

O experimento foi conduzido em uma área de renovação com dessecação da socaria que estava presente na área, seguida de fertirrigação com duas lavagens de vinhaça e subsolagem a 0,80 m de profundidade, e uso de gradagem com 36 polegadas e outra com 24 polegadas, seguido do sulcamento, sendo distribuídos os produtos e subprodutos nos seus devidos tratamentos.

Utilizou-se nesse experimento a variedade de cana-de-açúcar RB041443, visto ser uma variedade usualmente utilizada na área agrícola da empresa, apresentando em suas características morfológicas uma rápida velocidade de crescimento vegetativo, rusticidade, bem como elevada produtividade agrícola (BARBOSA, 2018). O experimento foi conduzido em seu primeiro ano, ou seja, em cana planta, em que no processo de implantação, realizado nos dias 16 e 17 de dezembro de 2019, os sulcos foram abertos de forma mecanizada a uma profundidade

de 0,40 cm e o plantio foi executado de forma manual, com 15 a 18 gemas por metro linear, utilizando-se da técnica padrão pé e ponta, com distribuição uniforme dos colmos nos sulcos, que foram cortados em toletes com tamanho médio de 60 cm, utilizando o espaçamento duplo alternado 0,90 x 1,6 m.

Uma semana após o plantio utilizou-se o pivô central com 70 mm. Outrossim, os atributos químicos do solo da área experimental, classificado como Latossolo Amarelo Distrocoeso, estão expostos na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo da área experimental (0 - 0,20 m e 0,20 - 0,40 m), respectivamente. Mamanguape-PB, Brasil.

	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	MO
pH _(emágua)	ppm			Meq/100mL						%
6,4	13	123	34	3.2	0.07	1.2	0.3	1.96	5.16	1.83

	P	K	Na	H+Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	MO
pH _(emágua)	ppm			Meq/100mL						%
5,7	4	109	32	2.9	0.15	0,7	0.2	1.32	4.22	1.27

(P e K): Extrator Mehlich-1; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; MO: matéria orgânica.

Os dados obtidos na análise de solo foram utilizados para correção do solo da área experimental, no qual aplicou 2 toneladas por hectare de calcário dolomítico, resultando em aproximadamente 5,66 toneladas em toda área do experimento, bem como utilizou desta análise para as recomendações da cultura com o intuito de se obter o melhor resultado.

As caracterizações físico-química da torta de filtro estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2. Atributos físico químicos da Torta de Filtro utilizada no experimento. Mamanguape-PB, Brasil.

pH (emágua)	P	K		Na	H+Al	Al	Ca	Mg	SB	CTC	MO
	mg/dm³			cmol/dm³							%
7,44	130,65	192,70	32	0,20	0,30	0,30	2,24	1,52	4.453	4.753	13.35

(P e K): Extrator Mehlich-1; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca de cátions; MO: matéria orgânica.

Seguindo os protocolos da Usina Monte Alegre S/A sob a adubação e uso dos produtos e subprodutos utilizados no experimento, fez-se os cálculos da quantidade de cada tratamento em cima da recomendação de 15 kg de gesso por tonelada de torta; 30 kg de fosfato por tonelada

de torta; 250 kg de MAP; 20 toneladas de torta por hectare; e 1 tonelada de bagaço para 5 toneladas de torta.

Dessa forma, observa-se na Tabela 3 os tratamentos e quantidades que foram utilizados dos produtos e subprodutos por parcela no experimento.

Tabela 3. Tratamentos e quantidades dos produtos e subprodutos utilizados no experimento por parcela. Mamanguape-PB, Brasil.

Tratamentos	Quantidades (Kg)
T1 - Torta	1440
T2- Torta + MAP	1440 + 18
T3- Torta + Gesso	1440 + 21,6
T4 - Torta + Fosfato	1440 + 43,2
T5- Torta + Bagaço	1440 + 288
T6- Torta + MAP + Gesso	1440 + 18 + 21,6
T7- Torta + MAP + Fosfato	1440 + 18 + 43,2
T8- Torta + MAP + Bagaço	1440 + 18 + 288
T9- Torta + Gesso + Fosfato	1440 + 21,6 + 43,2
T10- Torta + Gesso + Bagaço	1440 + 21,6 + 288
T11 - Torta + Fosfato + Bagaço	1440 + 43,2 + 288
T12 - Testemunha (Apenas MAP)	18

Fonte: Dados do autor.

3.3. Delineamento experimental

O experimento foi montado em delineamento de blocos casualizados com 12 tratamentos, quatro repetições, totalizando 48 parcelas. Cada parcela contendo 6 sulcos (0,90 x 1,6 m), medindo 5,9 m de largura e 100 m de comprimento, e cada bloco contendo os 12 tratamentos, medindo 70,8 m de largura, sendo 72 linhas de cana. A largura total da área experimental ocupa 283,2 m, totalizando 288 linhas de cana e um total de 28.320 m² ou 2, 83 hectares.

3.4. Variáveis Analisadas

Aos 180 dias após o plantio foram avaliadas as seguintes variáveis:

- ✓ Altura de plantas (ALT)

Foi obtida a altura média das plantas medindo dez plantas por unidade amostral, nas quais mensurou-se o comprimento da planta da base até a inserção da folha +1. A medição foi feita com o auxílio de uma trena e os dados obtidos em metros. Os dados coletados em campo eram anotados em planilhas de acordo com o croqui da área experimental.

✓ Número de folhas (NF)

O número de folhas foi determinado de forma manual, contando as dez plantas de cada parcela experimental. Utilizou-se para a contagem apenas as folhas que se encontravam totalmente abertas nas plantas escolhidas.

✓ Diâmetro do colmo (DC)

Mensurou-se, com o uso de paquímetro digital, o diâmetro médio do colmo, com base na amostragem de três pontos de cada colmo (base, meio e início do palmito). Os dados foram obtidos em milímetros e posteriormente convertidos para centímetros.

✓ Número de entrenós (NE)

Para obtenção do número de entrenós foi realizado uma contagem visual e individual de cada entrenó, desde a base até o ápice do colmo, obtendo assim, o número exato de entrenós. Esse processo foi realizado nas dez plantas analisadas de cada parcela experimental como nas demais variáveis estudadas.

✓ Perfilhamento (PERF)

Foi contabilizado o número de colmos existente nos dois sulcos centrais da parcela, utilizando 5 metros em cada linha, e realizando uma média para obter assim a quantidade média de colmos por metro linear.

✓ Trocas Gasosas

As avaliações foram realizadas aos 180 dias após o plantio (DAP) da cultura. As trocas gasosas foram medidas, em três plantas por parcela nas folhas +1 das plantas no período das 9:00 às 12:00 da manhã com um analisador de gás infravermelho- IRGA modelo LCpro-SD da BioScientific®. As análises foram realizadas sob luz natural na face abaxial das folhas. Foram coletados os valores da taxa de fotossíntese líquida (A) ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$); concentração de carbono interno (C_i) ($\mu\text{mol mol}^{-1}$); condutância estomática (gs) ($\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e transpiração (E) ($\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Correlacionando os dados obtidos através da leitura do IRGA, foi possível calcular a eficiência instantânea do uso de água (EUA) (A/E) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) - 1$]; eficiência intrínseca do uso de água (EiUA) (A/g_s) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) - 1$]; e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi, A/C_i) [$(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})/(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}) - 1$].

Ao fim do primeiro ciclo da cultura, foi avaliado a seguinte variável:

✓ Tonelada de colmo por hectare (TCH)

A TCH foi obtida a partir dos dados de colmos industrializáveis, realizando o corte de toda a parcela de cada tratamento. Sendo assim, a produtividade foi estimada com base na equação (1):

$$(1) \quad TCH = MTP \times 10 / AUP$$

Sendo:

TCH: Tonelada de colmo por hectare

MTP: Massa total da parcela (kg)

AUP: Área útil da parcela (m²)

O TCH foi determinado no momento da colheita com auxílio de uma balança industrial de gancho, para realizar a pesagem das plantas presentes nas parcelas, com valores adquiridos em quilogramas (kg) e posteriormente aplicados na fórmula descrita acima, seguindo metodologia preconizada por Mariotti e Lascano (1969), citados por Arizono et al. (1998).

3.5. Análise estatística

Os dados foram submetidos a Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F e posterior teste de médias pelos critérios de Scott-Knott, a 5% de probabilidade com auxílio do programa estatístico R[®] versão 3.6.1 (R CORE TEAM, 2019).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância (ANOVA) - (Tabela 4), demonstraram influência significativa a 1% de probabilidade pelo teste F dos tratamentos sob as variáveis diâmetro do colmo, número de entrenós e perfilhamento. Ainda, efeito significativo a 5% também foi observado para a variável número de folhas e tonelada de colmo por hectare. Todavia, a altura de plantas não foi influenciada pelos tratamentos utilizados.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), número de entrenós (NE), perfilhamento (PERF) e tonelada de colmo por hectare (TCH) submetida a diferentes tratamentos com Torta de filtro enriquecida na cana-de-açúcar. Mamanguape, Paraíba, 2020.

FV	GL	Quadrado Médio					
		ALT	NF	DC	NE	PERF	TCH
Tratamento	11	127.342 ^{ns}	0.255*	0.019**	1.493**	6.656**	9844.7*
Bloco	3	97.843	0.751	0.004	0.451	2.859	11995.2
Resíduo	33	116.798	0.121	0.002	0.259	0.897	3897.2
Média		2.64	4.86	2.34	12.2	11.87	134.48
CV (%)		4.09	7.16	1.93	4.18	7.98	7.87

ns,**e *: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; FV – Fonte de Variação; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade.

Para a altura de plantas (ALT), apenas um grupo foi formado pelo teste de Scott-Knott, indicando que esses tratamentos não diferem entre si. Contudo, avaliando-se com base nas médias absolutas, observa-se um melhor desempenho dos tratamentos T2 (Torta + MAP) e T5 (Torta + Bagaço), resultados que podem estar relacionados a adição de um fertilizante fosfatado de liberação gradual como o MAP, em que o mesmo proporciona perdas menores e uma maior disponibilidade de fósforo no solo no decorrer do ciclo da cana-de-açúcar, o tornando apto de absorção através das raízes das plantas, além de possibilitar um maior efeito residual na cultura, reduzindo os custos de produção da cultura (BERNARDES; ORIOLI JÚNIOR, 2018). Por sua vez, o bagaço da cana apresenta elevado teor de umidade, favorecendo a atividade microbiota do solo, facilitando as condições favoráveis para o crescimento da cana-de-açúcar (SILVA et al., 2021). Ressalta-se que, a altura de planta é um atributo agrônomo importante para a obtenção de bons rendimentos para essa cultura, tendo em vista que está correlacionada com a produção de biomassa (HAN et al., 2019), dessa forma, resultados como os obtidos com o uso do T2- Torta + MAP e T5- Torta + Bagaço se mostram muito promissores.

Tabela 5. Valores médios para as características altura de plantas (ALT), número de folhas (NF), diâmetro do colmo (DC), número de entrenós (NE) e perfilhamento (PERF) para os respectivos tratamentos com Torta de filtro enriquecida na cana-de-açúcar. Mamanguape, Paraíba, 2020.

Tratamento	ALT (m)	NF	DC (cm)	NE	PERF
1	2.61 a	4.35 a	2.435 a	13.35 a	12.0425 b
2	2.75 a	4.65 a	2.39 b	11.6 b	11.9275 b
3	2.66 a	4.65 a	2.365 b	12.8 a	12.29 b
4	2.68 a	4.7 a	2.38 b	11.5 b	13.25 a
5	2.72 a	5.05 a	2.46 a	12.65 a	11.8325 b
6	2.58 a	4.9 a	2.25 c	12.05 b	10.6275 c
7	2.59 a	4.9 a	2.35 b	12.75 a	11.9575 b
8	2.62 a	4.95 a	2.355 b	11.95 b	12.1675 b

9	2.57 a	4.9 a	2.305 c	11.75 b	8.9425 d
10	2.65 a	5 a	2.25 c	12.65 a	13.3325 a
11	2.60 a	5 a	2.29 c	11.5 b	13.4175 a
12	2.60 a	5.35 a	2.265 c	11.9 b	10.6675 c

Médias com mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. (T1- Torta, T2- Torta + MAP, T3- Torta + Gesso, T4- Torta + Fosfato, T5- Torta + Bagaço, T6- Torta + MAP + Gesso, T7- Torta + MAP + Fosfato, T8- Torta + MAP + Bagaço, T9- Torta + Gesso + Fosfato, T10- Torta + Gesso + Bagaço, T11- Torta + Fosfato + Bagaço e T12- Testemunha (Apenas MAP)). Mamanguape, Paraíba, 2020.

Resultados similares aos observados para a altura de plantas também foram verificados para o número de folhas (NF), em que apenas um agrupamento foi formado (Tabela 5). Todavia, em médias absolutas, alguns tratamentos se sobressaíram T5 (Torta + Bagaço), T10 (Torta + Gesso + Bagaço), T11 (Torta + Fosfato + Bagaço) e T12 (Apenas MAP), no qual se atingiu valores médios iguais ou superiores a 5 folhas. Esses resultados positivos nos tratamentos mencionados podem estar ligados a alta quantidade de matéria orgânica adicionada ao solo, como é o caso da própria torta de filtro e do bagaço da cana-de-açúcar, melhorando a qualidade física, química e biológica do solo, ocasionando uma eficiência positiva da cultura devido ao alto teor de nutrientes (MIRANDA-STALDER; BURNQUIST, 2019). Além disso, o gesso apresenta em sua composição nutrientes essenciais para o desenvolvimento da cana-de-açúcar, melhorando a distribuição das raízes em profundidade, permitindo as plantas o acesso a maior lâmina de água armazenada no solo (PEREIRA, 2021), e por sua vez, o fosfato e o MAP quando presentes com compostos orgânicos como é o caso da torta de filtro, observa-se aumento nas características agrônômicas da cana-de-açúcar (SANTIAGO; ROSSETTO, 2009).

Para o diâmetro do colmo (DC), houve a formação de três grupos distintos, representados pelas letras (“a”, “b” e “c”) (Tabela 5), com maior diâmetro de colmo sendo obtido nos tratamentos T1 (Torta) e T2 (Torta + Bagaço), com 2.435 e 2.46 cm, respectivamente. Os resultados superiores do uso da torta e do bagaço quando comparado a testemunha e aos demais tratamentos pode ser explicada devido à adição do bagaço da cana triturado no processo de purificação e obtenção da torta de filtro, gerando rápidas decomposições e alta disponibilidade de nutrientes que são primordiais para o crescimento e desenvolvimento da cana-de-açúcar, com elevado teores de matéria orgânica (NOLLA et al., 2015).

Dois grupos com características distintas foram formados para o número de entrenós (NE), com resultados superiores (>12,6 entrenós) obtidos com o uso dos tratamentos T1 (Torta), T3 (Torta + Gesso), T5 (Torta + Bagaço), T7 (Torta + MAP + Fosfato) e T10 (Torta + Gesso + Bagaço). O número de entrenós em cana-de-açúcar é dependente especialmente do

desenvolvimento dos perfilhos, no qual a emissão de novos entrenós poderá estar envolvida a disponibilidade hídrica, fatores ambientais e de nutrientes no solo (ARANTES, 2012). Além disso, vale ressaltar que o maior número de entrenós é interessante se acompanhado de um maior comprimento de plantas, tendo em vista que entrenós pequenos afetam diretamente a produtividade da cultura (CHEN et al., 2020).

O número de perfilhos (PERF) apresentou respostas variáveis aos diferentes tratamentos utilizados, com cinco agrupamentos formados. Resultados superiores para essa variável foram obtidos com o uso associado de torta + fosfato (T4), Torta + Gesso + Bagaço (T10) Torta + Fosfato + Bagaço (T11). Os resultados observados com essa variável evidenciam o potencial de uso da torta de filtro enriquecida, contribuindo para o acréscimo do rendimento final e maiores ganhos econômicos para o produtor (ZENG et al., 2020). Além disso, a competição entre os perfilhos por água, luz e espaço aumenta quando a planta atinge seu máximo de produção de perfilhos, fazendo com que aconteça a morte dos perfilhos mais novos (MANHÃES et al., 2015).

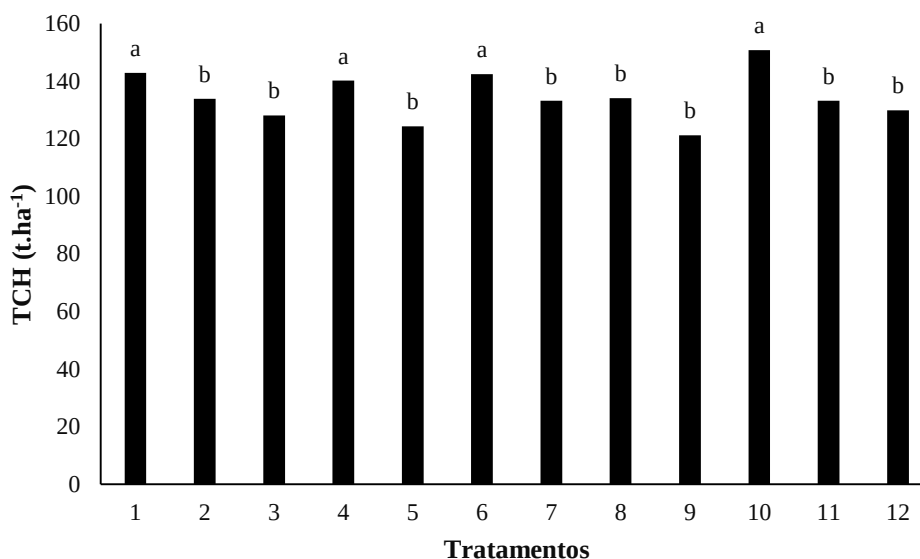


Figura 2. Produtividade da cana-de-açúcar com a aplicação da torta de filtro enriquecida, nos tratamentos: (T1- Torta, T2- Torta + MAP, T3- Torta + Gesso, T4- Torta + Fosfato, T5- Torta + Bagaço, T6- Torta + MAP + Gesso, T7- Torta + MAP + Fosfato, T8- Torta + MAP + Bagaço, T9- Torta + Gesso + Fosfato, T10- Torta + Gesso + Bagaço, T11- Torta + Fosfato + Bagaço e T12- Testemunha (Apenas MAP)). Mamanguape, Paraíba, 2020.

Obteve-se valores variáveis de produtividade (TCH) em função do uso dos diferentes tratamentos à base de torta de filtro, com dois agrupamentos formados. Os melhores resultados foram obtidos com os tratamentos T1 (Torta), T4 (Torta + Fosfato), T6 (Torta + MAP + Gesso) e T10 (Torta + Gesso + Bagaço), que propiciaram produtividades superiores a 140 ton.ha⁻¹,

resultados promissores, principalmente ao se considerar que a produtividade média da cana-de-açúcar em 2020 no Brasil foi de 75,60 ton.ha⁻¹ e no estado da Paraíba de 56,47 ton.ha⁻¹ (SIDRA, 2021).

O resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis de trocas gasosas está descrito na Tabela 6. Observou-se efeito significativo ($p < 0.001$) dos diferentes tratamentos utilizados sobre todas as variáveis de trocas gasosas de cana-de-açúcar submetida ao uso da torta de filtro enriquecida, exceto para a variável Transpiração (E), em que foi observado efeito significativo a 5%, demonstrando assim, que estes diferem entre si.

Tabela 6. Resumo da análise de variância para concentração interna de carbono (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs), taxa de fotossíntese (A), eficiência instantânea do uso de água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) de cana-de-açúcar submetida a diferentes tratamentos com Torta de filtro enriquecida. Mamanguape, Paraíba, 2020.

FV	GL	Quadrado Médio						
		Ci	E	gs	A	EUA	EiUA	EiCi
Tratamento	11	599.16**	0.982*	0.074**	50.549**	2.307**	1081.44**	0.001**
Bloco	3	1739.88	0.972	0.044	8.937	0.253	309.89	0.0004
Resíduo	33	198.13	0.432	9.00E-03	3.682	0.59	168.8	8.00E-05
Média		257.63	4.61	0.41	19.78	4.37	53.76	0.077
CV (%)		5.46	14.27	23.87	9.7	17.54	24.17	11.78

ns, ** e *: não significativo e significativo a 1 e 5% de probabilidade pelo teste F, respectivamente; FV – Fonte de Variação; CV – Coeficiente de variação; GL – Grau de liberdade.

No tocante as trocas gasosas, maiores valores de taxa fotossintética foram propiciados com o uso dos tratamentos T11 (Torta + Fosfato + Bagaço) e T12 (Testemunha)(Figura3A). Em estudo realizado por Gonçalves (2018), constatou-se que a adubação organomineral apresentou vantagens sobre a adubação mineral no que se refere a taxa fotossintética, resultados esses semelhantes ao encontrado nesse estudo. Além disso, o mesmo autor relata que com o uso da torta de filtro na cana-de-açúcar, obteve-se média de taxa fotossintética de aproximadamente 16,82 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, no primeiro ciclo da cultura, além de valores positivos quando comparados a testemunha, mostrando a eficiência da utilização desse resíduo enriquecido.

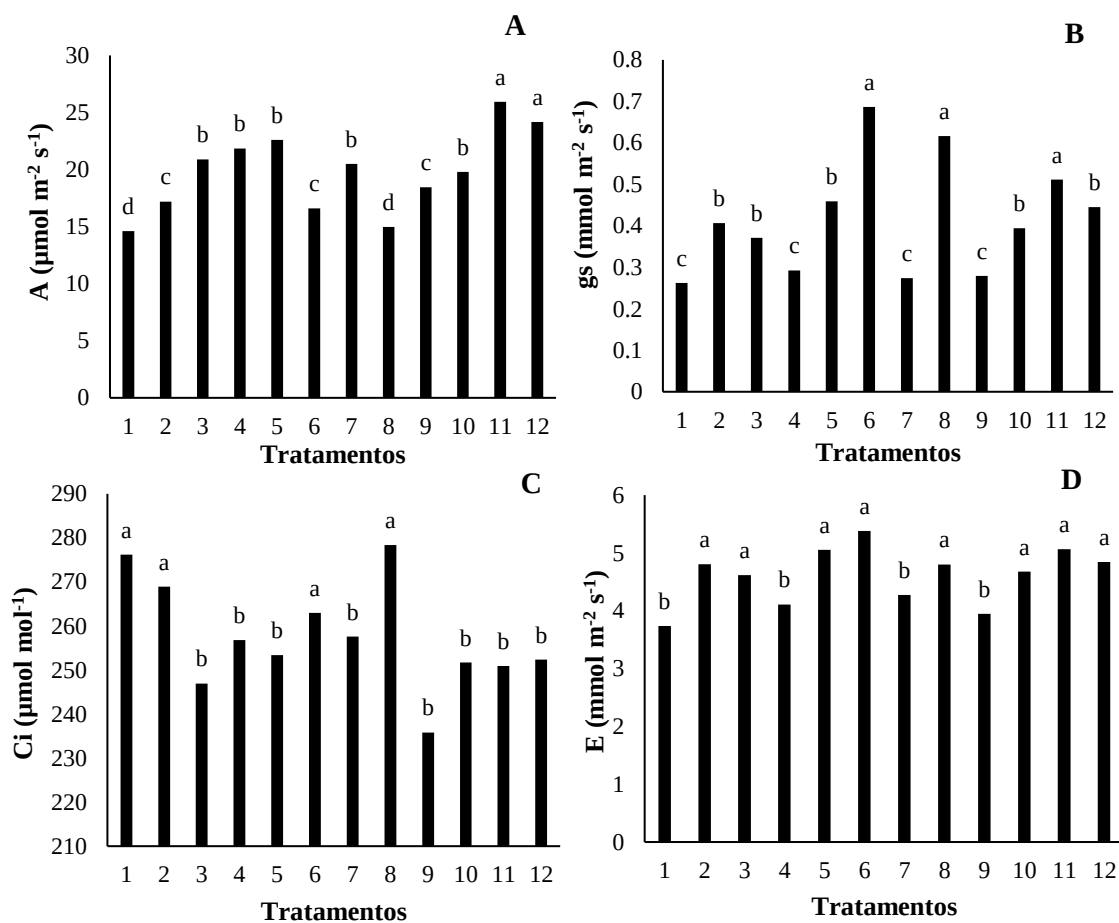


Figura 3. Taxas de fotossíntese (A), condutância estomática (gs), concentração interna de carbono (Ci) e transpiração (E) de cana-de-açúcar submetida a diferentes tratamentos com Torta de filtro enriquecida. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). (T1- Torta, T2- Torta + MAP, T3- Torta + Gesso, T4- Torta + Fosfato, T5- Torta + Bagaço, T6- Torta + MAP + Gesso, T7- Torta + MAP + Fosfato, T8- Torta + MAP + Bagaço, T9- Torta + Gesso + Fosfato, T10- Torta + Gesso + Bagaço, T11- Torta + Fosfato + Bagaço e T12- Testemunha (Apenas MAP)). Mamanguape, Paraíba, 2020.

Para a condutância estomática (gs), resultados superiores também foram obtidos com o T11 (Torta + Fosfato + Bagaço), que junto com o T6 (Torta + MAP + Gesso) e T8 (Torta + MAP + Bagaço) agruparam-se com os maiores valores de gs, diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 3B). No entanto, esses valores são inferiores aos reportados na literatura para essa cultura, o que pode ser atribuído ao período de avaliação, que se deu na estação seca, em que a cultura ainda se encontrava aos 180 dias após o plantio, no mês referente ao final de junho, em que as chuvas começaram a cessar na região de estudo. A cana-de-açúcar quando sob restrição hídrica diminui suas taxas de trocas gasosas, o que se deve a baixa pressão de turgor das células-guarda, tornando assim, também em uma menor condutância estomática (GONÇALVES et al., 2017). A regulação da condutância estomática é essencial para a planta,

pois permite que reduzam o consumo de água, evitando assim, perdas excessivas desse recurso (BARBOZA; TEIXEIRA FILHO, 2017).

Para a concentração interna de carbono (Ci) (Figura 3C), dois agrupamentos foram formados, destacando-se os tratamentos T1 (Torta), T2 (Torta + MAP), T6 (Torta + MAP + Gesso) e T8 (Torta + MAP + Bagaço). A Ci sofre influência por meio de fatores que diminuem o influxo de CO₂ para o espaço interno das folhas devido à diminuição da condutância estomática (FARIA et al., 2013). Geralmente ocorre pelo fechamento dos estômatos, que são influenciados por fatores ambientais como disponibilidade hídrica, luz e energia (OMETTO et al., 2003).

A utilização da torta de filtro enriquecida influenciou significativamente na transpiração (E) da cana-de-açúcar (Figura 3D), com formação de dois agrupamentos distintos. Destacando-se os tratamentos T1 (Torta), T4 (Torta + Fosfato), T7 (Torta + MAP + Fosfato) e T9 (Torta + Gesso + Fosfato), que apresentaram uma menor atividade transpiratória, o que se deve provavelmente a uma situação de restrição de água no solo (BARBOZA; TEIXEIRA FILHO, 2017).

Menor eficiência instantânea do uso de água (EUA) foi obtida com o uso dos tratamentos T1 (Torta), T2 (Torta + MAP), T6 (Torta + MAP + Gesso) e T8 (Torta + MAP + Bagaço), que se agruparam com as menores médias. Essa variável retrata a quantidade de assimilação de carbono em relação ao uso da água, sendo considerada um fator chave para a melhorar o rendimento das culturas, tendo em vista que a disponibilidade de água é o fator ambiental de maior importância para a limitação da produção agrícola. Nesse contexto, maiores valores de EUA são desejáveis, pois refletem o potencial de gerar um ganho maior de carbono, e, consequentemente, maiores produções de biomassa em relação à quantidade de água usada pela cultura, ou seja, maior produção de matéria seca por grama de água transpirada ou fixação de mais carbono por grama de água transpirada (LEAKEY et al., 2019).

Tabela 7. Eficiência instantânea do uso de água (EUA), eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), e eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) de cana-de-açúcar submetida a diferentes tratamentos com Torta de filtro enriquecida. Mamanguape, Paraíba, 2020.

Tratamento	EUA	EiUA	EiCi
	$[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$	$[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})^{-1}]$	$[(\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1})(\mu\text{mol mol}^{-1})^{-1}]$
1	4.018468 b	61.10433 b	0.053195 c
2	3.583443 b	44.26283 c	0.06407 c
3	4.527435 a	56.57235 b	0.084681 b
4	5.335949 a	79.14461 a	0.085524 b
5	4.473432 a	49.88475 b	0.089615 b

6	3.121164 b	26.02785 c	0.063622 c
7	4.888508 a	76.27658 a	0.079666 b
8	3.248733 b	27.45139 c	0.054237 c
9	4.734954 a	67.0227 a	0.078728 b
10	4.226531 a	50.40134 b	0.07869 b
11	5.323564 a	51.62663 b	0.104135 a
12	5.068704 a	55.36736 b	0.09645 a

Médias com mesma letra, não diferem estatisticamente entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade. (T1- Torta, T2- Torta + MAP, T3- Torta + Gesso, T4- Torta + Fosfato, T5- Torta + Bagaço, T6- Torta + MAP + Gesso, T7- Torta + MAP + Fosfato, T8- Torta + MAP + Bagaço, T9- Torta + Gesso + Fosfato, T10- Torta + Gesso + Bagaço, T11- Torta + Fosfato + Bagaço e T12- Testemunha (Apenas MAP)). Mamanguape, Paraíba, 2020.

Resultados superiores de eficiência intrínseca do uso da água (EiUA) foram propiciados pelos tratamentos T4 (Torta + Fosfato), T7 (Torta + MAP + Fosfato) e T9 (Torta + Gesso + Fosfato) (Tabela 7). Para a eficiência intrínseca do uso da água (EiUA), é importante frisar que aumentos dessa variável podem estar relacionados a estratégia da planta de fechamento dos estômatos, com o intuito de diminuir o estresse hídrico, porém sem redução correspondente das taxas fotossintéticas (YI et al., 2018).

Os tratamentos T11 (Torta + Fosfato + Bagaço) e T12 (Testemunha), propiciaram os maiores valores de eficiência instantânea de carboxilação (EiCi) é uma variável utilizada para identificar a ação de fatores não estomáticos que interferem nas taxas de assimilação de CO₂. Dessa forma, resultados como os obtidos nesses tratamentos podem estar relacionados a um aumento da atividade da ribulose-1,5-bisfosfato carboxilase-oxigenase (Rubisco) nessas plantas (LIMA et al., 2022).

A análise de componentes principais (ACP) explicou 64,0% da variância original dos dados nos dois primeiros eixos (CP1 e CP2) (Figura 4). No eixo 1, que aglutinou 34,8% da explicação dos dados, observou-se associação significativa entre EiCi ($r = 0,93$; $p < 0.001$), EUA ($r = 0,93$; $p < 0.001$) e A ($r = 0,90$; $p < 0.001$), que contrastaram com a Ci ($r = -0,81$; $p < 0.001$). Para esse eixo destacam-se os tratamentos T11 e T12, que apresentaram os maiores valores de EiCi, EUA e A, ao tempo que apresentaram menores valores de Ci. Assim como, o tratamento T8, que apresentou comportamento inverso. Associações antagônicas entre essas variáveis estão normalmente associadas a condições de estresse hídrico (BRITO et al., 2012).

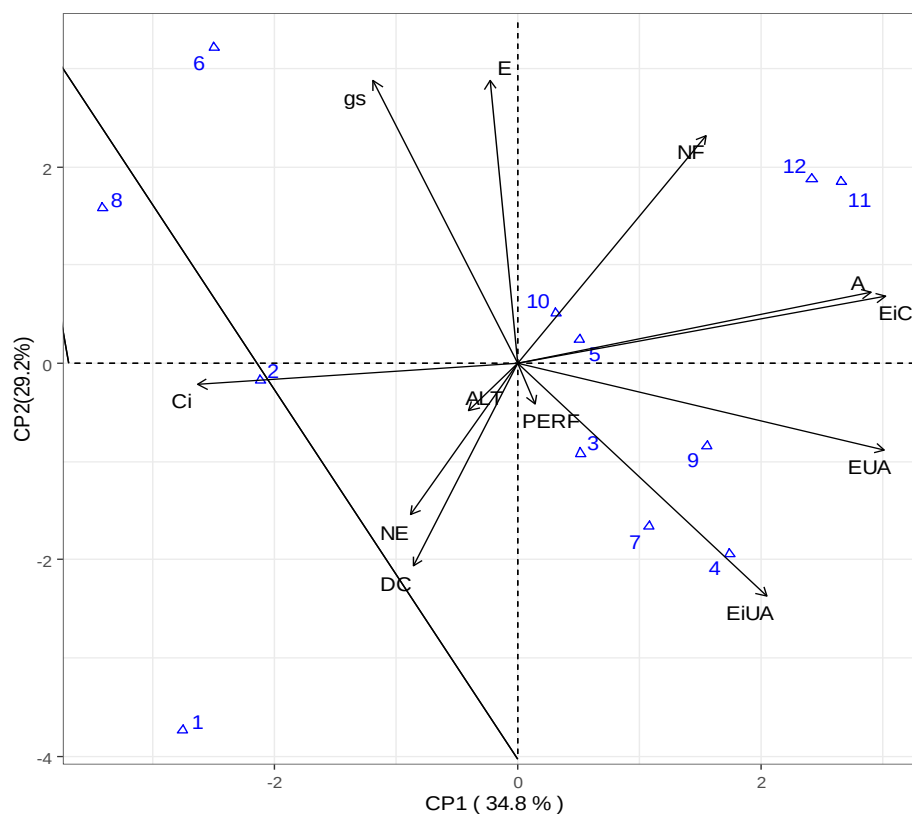


Figura 4. Análise de Componentes Principais (ACP). (T1- Torta, T2- Torta + MAP, T3- Torta + Gesso, T4- Torta + Fosfato, T5- Torta + Bagaço, T6- Torta + MAP + Gesso, T7- Torta + MAP + Fosfato, T8- Torta + MAP + Bagaço, T9- Torta + Gesso + Fosfato, T10- Torta + Gesso + Bagaço, T11- Torta + Fosfato + Bagaço e T12- Testemunha (Apenas MAP)). Mamanguape, Paraíba, 2020.

No eixo 2, que reuniu 29,2% da explicação da variância original, verificou-se a associação significativa entre E ($r = 0,89$; $p < 0,001$), gs ($r = 0,89$; $p < 0,001$) e NF ($r = 0,71$; $p < 0,001$), com relação inversa com o DC ($r = -0,64$; $p < 0,05$). Nesse eixo destacam-se os tratamentos T1 e T6. O T6 apresentou maiores valores de E, gs e NF, em contraste com os menores valores de DC, comportamento oposto ao observado no T1. O processo de transpiração (E) da planta só ocorre quando os estômatos estão abertos, logo, maiores valores de condutância estomática (gs) refletem em maiores valores de E (TATAGIBA et al., 2015).

5. CONCLUSÕES

A utilização da torta de filtro enriquecida como adubação de fundação na cultura da cana-de-açúcar possibilitou o aumento nas variáveis de crescimento e produtividade, em que o melhor e mais eficaz tratamento foi o T10 (Torta + Gesso + Bagaço), podendo ser indicado para aumentar a produção do setor sucroenergético de forma sustentável.

O uso da torta de filtro enriquecida na RB 041443, tem respostas positivas para as trocas gasosas da planta, bem como influenciou na eficiência intrínseca do uso da água (EiUA).

REFERÊNCIAS

AGEITEC. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Árvore do conhecimento, **Cana-de-açúcar**. 2021. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_75_22122006154841.html . Acesso em: 22 janeiro 2022.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p.1004-1013, 2011.

ARANTES, M. T. **Potencial produtivo de cultivares de cana-de-açúcar sob manejos irrigado e sequeiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Botucatu. 2012.

ARCOVERDE, S. N. S.; SOUZA, C. M. A.; ORLANDO, R. C.; SILVA, M. M.; NASCIMENTO, J. M. Crescimento inicial de cultivares de cana-de-açúcar em plantio de inverno sob preparos conservacionistas do solo. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 2, p. 142-156, 2019.

ARIZONO, H.; MATSUOKA, S.; GHELLER, Y.; HOFFMANN, H. P.; BASSICHELLO, A. I.; MENESEZ, L. L. Alternativas para avaliação de produção de cana-de-açúcar. **STAB, Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 16, n. 5, p. 20, maio/jun. 1998.

AVILEZ, A. M. A. **Necessidade hídrica da cana-de-açúcar no Noroeste Paulista**. Trabalho de Dissertação (Mestrando em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Campus de Botucatu, 2018.

AZEVEDO, M. C.; SOUZA SILVA, E.; MORAIS ALMEIDA, L. J.; ROSENDO, B. H. B.; SILVA RIBEIRO, J. E.; NETO, D. E. S.; MIELEZRSKI, F. Produtividade de genótipos de cana de açúcar em resposta à aplicação de calcário em microclima do semiárido brasileiro. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 7, p. e34710716784-e34710716784, 2021.

BARBOSA, G. V. Contribuição da RIDESA para o setor sucroenergético brasileiro. **RIDESA DO BRASIL**. Ribeirão Preto-SP. 2018.

BARBOZA, G. C.; TEIXEIRA FILHO, J. Transpiração foliar e condutância estomática da cana-de-açúcar em função do clima e disponibilidade de água. **Irriga**, v. 22, n. 4, p. 675-689, 2017.

BERNARDES, J. V. S.; ORIOLI JÚNIOR, V. EFEITO RESIDUAL DE FERTILIZANTES FOSFATADOS ASSOCIADOS A SUBSTÂNCIAS HÚMICAS NA CULTURA DO MILHO. **Anais do Seminário de Pesquisa e Inovação Tecnológica-SEPIT**, v. 2, n. 1, 2018.

BORDONAL, R. O.; CARVALHO, J. L. N.; LAL, R.; FIGUEIREDO, E. B.; OLIVEIRA, B. G.; LA SCALA, N. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review. **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 2, p. 1-23, 2018.

BRITO, M. E.; LAURIANE, A. D. A.; FERNANDES, P. D.; LIMA, G. S.; SÁ, F. V. D. S.; MELO, A. S. Comportamento fisiológico de combinações copa/porta-enxerto de citros sob estresse hídrico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 857-865, 2012.

CAIONE, G.; CASTELLANOS GONZÁLEZ, L.; MELLO PRADO, R.; REYES HERNÁNDEZ, A.; ROSATTO MODA, L.; PARETS SELVA, E.; NAHAS, E. Adubação fosfatada com torta de filtro, fosfato natural e biofertilizantes em ultisol (argissolo). **Ciencia del suelo**, v. 36, n. 1, p. 110-116, 2018.

CAIONE, G.; PRADO, R. M.; CAMPOS, C. N. S.; RODRIGUES, M.; PAVINATO, P. S.; AGOSTINHO, F. B. Phosphorus fractionation in soil cultivated with sugarcane fertilized by filter cake and phosphate sources. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v.46, n.19, p.2449-2459, 2015.

CAMPOS, C. N. S. **Efeito residual de doses e fontes de fósforo associado a torta de filtro na cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal. 2016.

CHEN, R.; FAN, Y.; YAN, H.; ZHOU, H.; ZHOU, Z.; WENG, M.; HUANG, X.; LAKSHMANAN, P.; LI, Y.; QIU, L.; WU, J. Enhanced Activity of genes associated with photosynthesis, phytohormone metabolism and cell wall synthesis is involved in gibberellin-mediated sugarcane internode growth. **Frontiers in Genetics**, v. 11, p. e1142, 2020.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira – cana-de-açúcar**: Safra 2021/22. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar**. Primeiro levantamento. Brasília: v.8 – safra 2021/22, nº1, 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira da Cana-de-açúcar** – Safra 2017/2018. Companhia Nacional de Abastecimento, v.1, p.4, 2017.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Série Histórica das Safras**. Brasília: 2021. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/serie-historica-das-safras>. Acesso em: 22 janeiro 2022.

COSTA, A. C. **Mamanguape a Fênix paraibana**. Campina Grande: Grafset LTDA, 1986.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Cana-de-açúcar: Fenologia. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2021. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_68_22122006154840.html . Acesso em: 27 janeiro 2022.

FARIA, A. T.; SARAIVA, D. T.; PEREIRA, A. M.; ROCHA, P. R. R.; SILVA, A. A.; SILVA, D. V.; SILVA BENEVENUTE, S. Atividade fisiológica da cana-de-açúcar após a aplicação de herbicidas em pré-emergência. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 12, n. 2, p. 171-178, 2013.

FERREIRA FILHO, D. V. **Calagem em primeira soca de dez genótipos de cana-de-açúcar**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba. Areia. 2019.

FIGUEIREDO, H. C. N.; SERRA, J. C. V.; RIBEIRO, M. V. Obtaining and characterizing biodegradable composites from agroenergetic residues. **Revista Acta Ambiental Catarinense**, v. 19, n. 1, p. 01-13, 2022.

FRANCISCO, P. R. M.; GUIMARÃES, C. L.; SABOYA, L. M. F.; NETO, J. D.; SANTOS, D. Aptidão climática da cultura da cana de açúcar (*Saccharum spp*) para o estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada-RBAI**, v. 10, n. 3, p. 676-686, 2016.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.34, n.3, p. 618-624, 2010.

GIOLO, R.; RODRIGUES, R.; GALATI, V. C.; BARBARA, M.; VRECH, M. A. O uso de estimulante afeta ou não o desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar?. **Scientific Electronic Archives**, v. 14, n. 3, p. 46-52, 2021.

GONÇALVES, C. A. **Biossólido e torta de filtro na composição de fertilizantes organominerais para a cultura da cana-de-açúcar (saccharum sp)**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Biocombustíveis). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2018.

GONÇALVES, I. Z.; BARBOSA, E. A. A.; SANTOS, L. D. S.; NAZÁRIO, A. A.; FEITOSA, D. R. C.; TUTA, N. F.; MATSURA, E. E. Relações hídricas e produtividade da cana-de-açúcar irrigada com esgoto doméstico por gotejamento subsuperficial. **Gestão Agrícola da Água**, v. 185, p. 105-115, 2017

GONZÁLEZ, L. C.; PRADO, R. D. M.; HERNÁNDEZ, A. R.; CAIONE, G.; SELVA, E. P. Uso de torta de filtro enriquecida com fosfato natural e biofertilizantes em Latossolo Vermelho distrófico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 135-141, 2014.

HAN, L.; YANG, G.; DAI, H.; XU, B.; YANG, H.; FENG, H. et al. Modeling maize above-ground biomass based on machine learning approaches using UAV remote-sensing data. **Plant methods**, v. 15, n. 1, p. 1-19, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades@**. 2012, Brasília. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm>. Acesso em: 4 fevereiro 2022.

INNOCENTE, A. F. **Análise energética da aplicação de torta de filtro na substituição parcial da adubação inorgânica sintética da cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu. 2015.

KAAB, A.; SHARIFI, M.; MOBLI, H.; NABAVI-PELESARAEI, A.; CHAU, K. W. Use of optimization techniques for energy use efficiency and environmental life cycle assessment modification in sugarcane production. **Energy**, v. 181, p. 1298-1320, 2019.

LEAKEY, A. D.; FERGUSON, J. N.; PIGNON, C. P.; WU, A.; JIN, Z.; HAMMER, G. L.; LOBELL, D. B. Eficiência no uso da água como restrição e meta para melhorar a resiliência e produtividade das culturas C3 e C4. **Revisão Anual de Biologia Vegetal**, v. 70, p. 781-808, 2019.

LIMA, G. S.; PINHEIRO, F. W.; GHEYI, H. R.; SOARES, L. A. A.; SOUSA, P. F. N; FERNANDES, P. D. Estratégias de irrigação com água salina e adubação potássica na fisiologia e produção de frutos do maracujazeiro-amarelo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, p. 180-189, 2022.

LUCENA, R, A, F.; DEMARTELAERE, A. C. F.; PRESTON, H. A. F.; PRESTON, W.; FEITOSA, S. S. F.; FERREIRA, A. S.; SILVA, H. F.; SANTOS, J. J. M. Levantamento da estrutura do solo em função da colheita mecanizada em diferentes estádios da cana-de-açúcar em áreas de produção no município de Pureza-RN. **Brazilian Journal of Development**. v.6, n.9,p. 64881-64892, 2020.

MANHÃES, C. M. C.; GARCIA, R. F.; FRANCELINO, F. M. A.; FRANCELINO, H. O.; COELHO, F. C. Fatores que afetam a brotação e o perfilhamento da cana-de-açúcar. **Vértices**, v. 17, n. 1, p. 163-181, 2015.

MARIN, F. R. Cana-de-açúcar: Características. **Agência Embrapa de Informação Tecnológica**, 2021. Disponível em: https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_20_3112006152934.html. Acesso em: 27 janeiro 2022.

MARIN, F. R.; CARVALHO, G. L. D. Spatio-temporal variability of sugarcane yield efficiency in the state of São Paulo, Brazil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 2, p. 149-156, 2012.

MATTIELLO, L.; RIAÑO-PACHÓN, D. M.; MARTINS, M. C. M.; CRUZ, L. P.; BASSI, D.; MARCHIORI, P. E. R.; RIBEIRO, R. V.; LABATE, M. T. V.; LABATE, C. A.; MENOSSI, M. Physiological and transcriptional analyses of developmental stages along sugarcane leaf. **BMC plant biology**, v. 15, n. 1, p. 1-21, 2015.

MIALICHI JÚNIOR, A. J.; ALVES, A. B.; BAZELA, C.; FARIA, F. A. TORTA DE FILTRO E MICRONUTRIENTES NO PLANTIO DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Ciência & Tecnologia**, v. 12, n. 1, p. 110-124, 2020.

MIRANDA-STALDER, S. H.; BURNQUIST, H. L. A importância dos subprodutos da cana-de-açúcar no desempenho do setor agroindustrial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 34, n. 3, p. 103-119, 2019.

MOURA FILHO, G.; SILVA, L. C.; MOURA, A. B. Uso da torta de filtro e vinhaça em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS, 2., 2011, Vitória. **Anais....** Vitória: DCM/Incaper, p. 1-2, 2011.

NOLLA, A.; VILA, E. J. P.; SILVA, W.; BERTICELLI, C. L.; CARNEIRO, A. R. Atributos e estratégias de utilização da torta de filtro como fertilizante para a cana-de-açúcar. **Journal of Agronomic Sciences**, v. 4, p. 121-135, 2015.

NOVELLO, V. F.; CARVALHO CAMPOS, M.; CHIESSI, C. M.; PAULA-SANTOS, G. M.; PESSEDA, L. C. R.; GOMES, T.; CRUZ, F. W. Aplicação de isótopos estáveis de carbono no estudo das mudanças climáticas e ambientais. **Derbyana**, v. 42, e.735, p. 1-27, 2021.

OLIVEIRA, A.; SOUZA, A. R.; CLEMENTE, J. M.; SANTOS, T. M.; DUARTE, A. R.; MACHADO, M. G. Crescimento vegetativo de variedades de cana-de-açúcar. **Humanidades e Tecnologia (FINOM)**, v. 1, n. 18, p. 24-32, 2019.

OMETTO, J. P. H. B.; EHLENGER, J. R.; MARTINELLI, L. A.; BERRY, J.; FLANAGAN, L.; DOMINGUES, T. F. Variação temporal do isótopo estável do carbono em material arbóreo em florestas da região Amazônica. In: **Congresso Brasileiro de Ecologia**. Rio Claro: Sociedade de Ecologia do Brasil, 2003.

PARIDA, S.; GOCHHAYAT, S.; MAHALIK, G. Varietal Susceptibility and Major Diseases of Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) in Seven Villages of Bhubaneswar, Odisha. **International Journal of Natural Sciences**, v. 10, n. 1, p. 8-12, 2020.

PEREIRA, D. A. **Produtividade de forragem e distribuição do sistema radicular do capim Mombaça em resposta a doses de gesso agrícola**. Dissertação (Mestre em Ciências). Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2021.

PILAN, P. H.; CERVI, R. G.; RODRIGUES, S. A.; OLIVEIRA, P. A.; ROSSI, A. L. D. Caracterização de Variedades de Cana-de-Açúcar Submetidas à Processo Mecanizados de Colheita em Diferentes Estágios de Corte. **Tekhne e Logos**, v. 8, n. 3, p. 167-182, 2017.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. 2019. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <https://www.r-project.org>. Acesso em: 08 fevereiro 2022.

RAMOS, L. A.; LANA, R. M. Q.; KORNDORFER, G. H.; SILVA, A. A. Effect of organomineral fertilizer and poultry litter waste on sugarcane yield and some plant and soil chemical properties. **African Journal of Agricultural Research**, v.12, n. 1, p.20-27, 2017.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Adubação: resíduos alternativos**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html. Acesso em: 22 janeiro 2022.

SAMPAIO, A. H. R.; COELHO FILHO, M. A.; COELHO, E. F.; DANIEL, R. Indicadores fisiológicos da lima ácida 'TAHITI' submetida à irrigação deficitária com secamento parcial de raiz. **Revista Irriga**, v.19, n.2, p.292-301, 2014.

SANTANA, C. T. C. D.; SANTI, A.; DALLACORT, R.; SANTOS, M. L.; MENEZES, C. B. D. Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, p. 22-29, 2012.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Adubação: resíduos alternativos**. EMBRAPA, 2009. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_39_71120. Acesso em: 17 fevereiro 2022.

SANTOS, T. C.; COSTA JÚNIOR, J. C.; PEREIRA, K. D. O.; MELO, P. L. A.; COELHO, W. C. C.; GOMES, T. D. A. Estado nutricional e produção de variedades de alface adubadas com compostos orgânicos e torta de filtro em Alagoas. In: **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35., 2015, Natal. O solo e suas múltiplas funções: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015.

SATHISH, D.; VASUDEVAN, V.; THEBORAL, J.; ELAYARAJA, D.; APPUNU, C.; SIVA, R.; MANICKAVASAGAM, M. Efficient direct plant regeneration from immature leaf roll explants of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) using polyamines and assessment of genetic fidelity by SCoT markers. **In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant**, v. 54, n. 4, p. 399-412, 2018.

SCHMIDT FILHO, E. D. I. S. O. N.; GONÇALVES, J. C.; MATOS, N. C. D. S.; AZEVEDO, R. E. C. Redução dos impactos ambientais do setor sucroalcooleiro com a utilização da torta de filtro na adubação do solo. **Revista Uningá Review**, v. 27, n. 3, 2016.

SIDRA - Sistema IBGE de Recuperação Automática. **Produção Agrícola Municipal**. 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas>. Acesso em: 17 fevereiro 2022.

SILVA, A. F. M. S.; GOMES, G. N.; BACCHI, M. R. P. A importância das cadeias da cana-de-açúcar: uma análise insumo-produto. **Revista Economia Ensaios**, v. 33, n. 2, 2019.

SILVA, J. H. B.; NASCIMENTO, M. A.; SILVA, A. V.; NETO, F. P.; ARAÚJO, J. R. E. S.; SILVA, J. M.; SILVA, J. A.; MIELEZRSKI, F. Brotação inicial, teor de sólidos solúveis e índice de maturação da cana-de-açúcar submetida à adubação com torta de filtro enriquecida. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 32575-32592, 2021.

SILVA, T. G. F.; MOURA, M. S. B.; ZOLNIER, S.; MOURA, L. S. B.; CARMOS, J. F. A. Índices morfofisiológicos e uso de radiação solar por um cultivo de cana-de-açúcar irrigada no Semiárido brasileiro. Embrapa Semiárido-Artigo em periódico indexado (ALICE). **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.07, n.4, p. 764-773, 2014.

SILVA, W. T. C.; BARBOSA, H. A. Avaliação da precipitação na produtividade agrícola da cana-de-açúcar: estudo de caso usina Coruripe para as safras de 2000/2005. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 03, p. 1352-1366, 2021.

SIMÕES, W. L.; CALGARO, M.; SOUZA, M. A.; LIMA, J. A.; SOUZA, C. E. P.; SILVA, J. M. Respostas fisiológicas da cana-de-açúcar em função de diferentes sistemas de irrigação no Submédio São Francisco. In: **Embrapa Semiárido-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 22., 2012, Cascavel. Cooperação e Inovação para o desenvolvimento da agricultura irrigada: anais. Cascavel: ABID, 2012.

SOLOMON, S. Sugarcane by-products based industries in Índia. **Sugar Tech**, New Delhi, v. 13, n.4, p. 408-416, 2011.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TATAGIBA, S. D.; PEZZOPANE, J. E. M.; REIS, E. F. Fotossíntese em Eucalyptus sob diferentes condições edafoclimáticas. **Revista Engenharia na Agricultura-REVENG**, v. 23, n. 4, p. 336-345, 2015.

TOPPA, E. V. B.; JADOSKI, C. J.; JULIANETTI, A.; HULSHOF, T.; ONO, E. O. Physiology aspects of sugarcane production. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 3, n. 3, p. 215-221, 2010.

VASCONCELOS, R. L. **Modelagem fuzzy da produtividade de cana-de-açúcar irrigada em função da aplicação de torta de filtro e da adubação fosfatada**. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Botucatu. 2019.

VASCONCELOS, R. L.; ALMEIDA, H. J.; PRADO, R. M.; SANTOS, L. F. J.; PIZAURO JÚNIOR, J. M. Filter cake in industrial quality and in the physiological and acid phosphatase activities in cane-plant. **Industrial Crops and Products**, v. 105, p. 133- 141, 2017.

VAZQUEZ, G. H.; BORTOLIN, R.; VANZELA, L. S.; SB BONINI, C.; NETO, A. B. Uso de fertilizante organofosfatado e torta de filtro em cana-planta/use of organophosphated fertilizer and filtercake in plant-cane. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**, v. 9, n. 1, p. 53-64, 2015.

VIANNA, M. S. **Risco climático para a cultura da cana-de-açúcar e estratégias de manejo de irrigação complementar para a sua minimização em diferentes regiões brasileiras**. Dissertação (Mestrado em Ciências). Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2014.

YANG, S.; LIU, J.; WU, J.; TAN, H.; LI, Y. Effects of vinasse and press mud application on the biological properties of soils and productivity of sugarcane. **Sugar Tech**, v. 15, n. 2, p. 152–158, 2013.

YI, K.; MAXWELL, J. T.; WENZEL, M. K.; ROMAN, D. T.; SAUER, P. E.; PHILLIPS, R. P.; NOVICK, K. A Vinculando a variação na eficiência intrínseca do uso da água à isohidricidade: uma comparação em múltiplas escalas espaço-temporais. **New Phytologist**, v. 221, n. 1, pág. 195-208, 2019.

ZENG, X. P.; ZHU, K.; LU, J. M.; JIANG, Y.; YANG, L. T.; XING, Y. X.; LI, Y. R. Long-Term Effects of different nitrogen levels on growth, yield, and quality in sugarcane. **Agronomy**, v. 10, n. 3, p. e353, 2020.