

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DE ENGENHARIAS E CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

Sávio Tavares Ferreira Borges

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DO NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DA
PALHADA DE DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Rio Largo – AL

2021

Sávio Tavares Ferreira Borges

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DO NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DA
PALHADA DE DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da
Universidade Federal de Alagoas, como
requisito parcial para obtenção do grau de
Engenheiro Agrônomo.

Orientador(a): Prof. Dr. Mauro Wagner de
Oliveira

Rio Largo – AL

2021

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias
Bibliotecária Responsável: Myrtes Vieira do Nascimento

B732d Borges, Sávio Tavares Ferreira

Decomposição e liberação do nitrogênio, fósforo e potássio da palha de duas variedades de cana-de-açúcar. / Sávio Tavares Ferreira Borges – 2021.

35 f.; il.

Monografia de Graduação em Agronomia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Alagoas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias. Rio Largo, 2021.

Orientação: Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Inclui bibliografia

1. Cana-de-açúcar. 2. Nutrição mineral. 3. Sistema de produção.
I. Título.

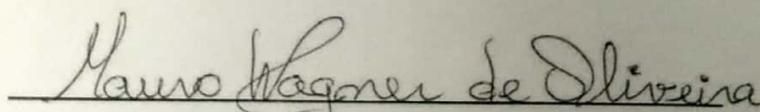
CDU:633.61

FOLHA DE APROVAÇÃO

Sávio Tavares Ferreira Borges

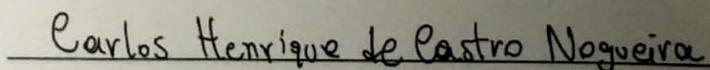
DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DO NITROGÊNIO, FÓSFORO E POTÁSSIO DA PALHADA DE DUAS VARIEDADES DE CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo, aprovado em 05 de fevereiro de 2021.



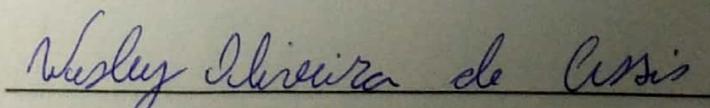
Orientador(a): Prof. Dr. Mauro Wagner de Oliveira

Banca Examinadora:



Eng. Agr. Carlos Henrique de Castro Nogueira

Membro Titular da Banca – CECA/UFAL



Eng. Agr. Wesley Oliveira de Assis

Membro Titular da Banca – CECA/UFAL

Dedico...

... Aos meus pais
Francisco e Betânia e a minha avó
Vanda, por todo esforço realizado
para que eu pudesse chegar até
aqui.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, pelo objetivo alcançado e por me guiar em todos os momentos difíceis da minha trajetória.

Aos meus pais Maria Betânia Tavares Ferreira Borges e José Francisco Borges, que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram, independente das minhas decisões.

Agradeço as oportunidades concedidas pela Universidade Federal de Alagoas, principalmente ao Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, casa que me acolheu e me disponibilizou grandes oportunidades para adquirir conhecimento profissional.

Ao meu orientador, professor Dr. Mauro Wagner de Oliveira, por me receber como orientado, confiar em meu trabalho e incentivar os estudos. Pelos ensinamentos e conselhos que sempre vieram para somaram.

A meu irmão Arthur e primos, por todo apoio e alegria proporcionada nessa pequena, mas não pouco importante, parte da minha vida.

E a todos que participaram da minha formação.

Sou muito grato a todos vocês, o meu singelo obrigado!!

RESUMO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas da economia brasileira, tornando o Brasil um dos maiores produtores. Recentemente o setor canavieiro tem passado por diversas mudanças, dentre elas, a utilização de um novo sistema de colheita. A colheita da cana com prévia despalha a fogo foi, durante muitos anos, o método de colheita mais utilizado. Gradativamente, a mecanização tem substituído os métodos antigos de colheita, devido a leis ambientais e trabalhistas e escassez de mão de obra nas áreas rurais. Nesse novo sistema, tem-se a deposição de matéria orgânica sob a superfície do solo, advinda das folhas secas, dos ponteiros, das folhas verdes e quantidade variáveis de pedaços de colmo, formando uma cobertura morta denominada palhada. Essa cobertura aumenta a infiltração de água no solo, melhora a estrutura do solo, aumenta a CTC, diminui a erosão e a evaporação e posteriormente vai ser fonte de nutrientes para a macro e microflora do solo e para a cana-de-açúcar. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar a decomposição e liberação de nutrientes da palhada das variedades: RB867515 e RB92579. O estudo de mineralização foi conduzido em Boca da Mata, com as avaliações químicas realizadas em laboratórios particulares. Amostras de palhada da RB867515 e RB92579 foram coletas em campo, imediatamente após a colheita mecanizada, secas ao sol, picadas manualmente com facão, a tamanho médio de 15 cm de comprimento e, armazenadas em galpão até o início do estudo. Nesse material vegetal foi quantificado o teor de nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K). Para a condução do estudo foram feitos sacos de telas de náilon (malha com diâmetro de 25 mm), com as dimensões de 1,0 x 0,6 m. Transferiu-se para esses sacos uma massa de palhada equivalente a 15 t de matéria seca por hectare. Esses sacos contendo a palhada foram levados para o campo em meados de março. O estudo foi constituído de três épocas de amostragem: 45; 105 e 165 dias após a transferência para o campo, dos sacos contendo a palhada. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com cinco repetições. Em cada época de amostragem a palhada dos sacos foi coletada, pesada e homogeneizada. Uma subamostra foi seca em estufa e analisada quanto aos teores de N, P e K. Pelo balanço de massa foi calculada a taxa de liberação do N, P e K da palhada das variedades. A liberação do N da palhada foi de 15%, comparativamente à massa inicial. Para o fósforo não houve liberação significativa. Por outro lado, a liberação de potássio foi alta, aos 45 dias a concentração desse elemento na palhada foi de 33% para a RB867515 e 36% para a RB92579, aos 165 dias, mais de 95% do potássio havia sido liberado para o solo, comparativamente à concentração inicial. Assim, o potássio contido na palhada da cana-de-açúcar contribui de forma significativa para a nutrição da cana-de-açúcar no próximo ciclo, mas para o N e o P não há contribuição significativa.

Palavras-chave: Ciclagem de nutrientes, nutrição mineral, sistema de produção

ABSTRACT

Sugarcane is one of the main crops in the Brazilian economy, making Brazil one of the largest producers. Recently, the sugar cane sector has undergone several changes, including the use of a new harvesting system. Sugarcane harvesting with previous fire clearance was, for many years, the most widely used harvesting method. Mechanization has gradually replaced the old harvesting methods, due to environmental and labor laws and shortages of labor in rural areas. In this new system, there is the deposition of organic matter under the soil surface, resulting from dry leaves, pointers, green leaves and varying amounts of stalk pieces, forming a mulch called straw. This coverage increases the infiltration of water in the soil, improves the soil structure, increases the CTC, decreases erosion and evaporation and will later be a source of nutrients for the macro and microflora of the soil and for sugar cane. In this context, the objective of the present study was to evaluate the decomposition and release of nutrients from the straw of the varieties: RB867515 and RB92579. The mineralization study was conducted in Boca da Mata, with chemical evaluations carried out in private laboratories. Straw samples from RB867515 and RB92579 were collected in the field, immediately after mechanized harvesting, dried in the sun, manually chopped with fraction, at an average size of 15 cm in length, and stored in a shed until the beginning of the study. In this plant material, the content of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) was quantified. In order to conduct the study, nylon canvas bags (25 mm diameter mesh) were made, with the dimensions of 1.0 x 0.6 m. A straw mass equivalent to 15 t of dry matter per hectare was transferred to these bags. These bags containing the straw were taken to the field in mid-March. The study consisted of three sampling times: 45; 105 and 165 days after the transfer to the field, of the bags containing the straw. The experimental design was randomized blocks, with five replications. At each sampling time, the bags' straw was collected, weighed and homogenized. A subsample was kiln dried and analyzed for N, P and K contents. The mass balance calculated the release rate of N, P and K from the straw of the varieties. The N release from the straw was 15%, compared to the initial mass. For phosphorus there was no significant release. On the other hand, potassium release was high, at 45 days the concentration of this element in the straw was 33% for RB867515 and 36% for RB92579, at 165 days, more than 95% of potassium had been released into the soil compared to the initial concentration. Thus, the potassium contained in sugarcane straw contributes significantly to the nutrition of sugarcane in the next cycle, but for N and P there is no significant contribution.

Keyword: Nutrient cycling, mineral nutrition, production system

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Localização da área do estudo, no município de Boca da Mata – AL.....	21
Figura 2 – Procedimentos para instalação do estudo em campo.....	22
Figura 3 – Sacos de náilon usados no estudo.....	22
Figura 4 – Material coletado 45; 105; 165 dias após a transferência para o campo.....	23
Figura 5 – Teores de potássio na palhada das variedades RB867515 e RB92579, no início e aos 45; 105 e 165 dias após a transferência dos sacos, contendo a palhada, para o campo.....	29

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média dos teores de potássio na palhada das variedades RB867515 e RB92579 no início e aos 45; 105 e 165 dias após a transferência dos sacos contendo a palhada para o campo.....	28
---	----

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1	Cana-de-açúcar no Brasil e no mundo.....	12
2.2	Sistemas de colheita.....	13
2.3	Palhada da cana-de-açúcar.....	14
2.4	Uso de palhada na geração de energia.....	15
2.5	Vantagens e desvantagens	17
2.6	Taxa de liberação de nutrientes da palhada	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1	Local de condução de estudo.....	21
3.2	Instalação e condução do estudo	21
3.3	Amostragens	23
3.4	Avaliação	23
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
5	CONCLUSÃO	30
	REFERÊNCIAS	31

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas da economia do Brasil, sendo o maior produtor dos seus derivados: açúcar e álcool. O setor canavieiro tem passado por mudanças, dentre elas, tem-se a mecanização da colheita nas lavouras, impulsionada por leis que dispõem da eliminação gradativa da queima da cana para colheita, entre outros fatores, como, a escassez da mão de obra nas áreas rurais, necessidade de manter o nível competitivo das empresas e cooperativas rurais e facilitar o gerenciamento das operações (BRAUNBECK; OLIVEIRA, 2006; MENANDRO, 2016). Nesse novo sistema de colheita as folhas secas, os ponteiros e as folhas verdes formam uma cobertura morta denominada palhada, que traz benefícios para o solo e para o ambiente, além disso, pode ser aproveitada para geração de energia renovável, despertando o interesse no potencial energético proveniente dela, como já ocorre com o bagaço da cana-de-açúcar (MENANDRO, 2016; OLIVEIRA et al., 1999a).

A quantidade de palhada que permanece na superfície do solo após a colheita mecanizada varia de acordo com a variedade, a idade e a produtividade do canavial, o corte e as práticas agrícolas adotadas (STANCATTE et al., 2015). Essa camada de matéria natural tem vantagens agronômicas como o aumento da infiltração de água, melhoria da estrutura do solo, aumenta a CTC, diminui a erosão e a evaporação e posteriormente, com a decomposição, será fonte de nutrientes para a macro e microflora do solo e para os próximos ciclos da cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 1999b). Por outro lado, algumas desvantagens foram constatadas como: o aumento da compactação proveniente do maior tráfego de máquinas, o desemprego, a redução na qualidade do material e aumento de pragas nas lavouras são exemplos (ABREU et al., 2009; CAVALIERI et al., 2011; DINARDO-MIRANDA; GARCIA; COELHO, 2001; REIS, 2009). Alguns estudos já foram realizados no Brasil para relatar as vantagens e desvantagens da palhada da cana-de-açúcar (ABREU et al., 2009; AQUINO et al., 2015; CAVALIERI et al., 2011; SILVA NETO et al., 2018; OLIVEIRA et al., 1999a; OLIVEIRA et al., 1999b), entretanto em Alagoas, por ser um novo sistema de colheita, temos poucas informações sobre a palhada das variedades cultivadas no estado (IVO et al., 2013).

Além das modificações agronômicas provenientes da palhada da cana-de-açúcar, por sua vez, há ainda a possibilidade de ser usada para geração de energia renovável, elétrica e etanol produzido da lignocelulose, conhecido como etanol de segunda geração (PACHECO, 2011; MELO JÚNIOR et al., 2015). Sendo assim, a utilização da palhada para a geração de

energia elétrica, passou a receber maior atenção. A produção é proveniente da queima do bagaço e da palhada, tornando-se, recentemente para o setor sucroenergético, um ganho significativo para a produção de bioeletricidade. O uso para a produção de etanol ainda é pouco explorado, porém tem potencial de se expandir a produção de combustíveis renováveis. (EPE, 2016; IVO et al., 2013; MENANDRO, 2016). Deste modo, a utilização da palhada também é uma alternativa de incremento de renda para os produtores, podendo ser comercializada para a produção de energia renovável. Por outro lado, deve atentar-se à remoção da palhada, de modo que não interfira na ciclagem de nutriente e que sua remoção não prejudique a conservação do solo e a nutrição dos canaviais (MENANDRO, 2016).

Ante ao exposto, o objetivo do presente estudo é avaliar a mineralização da palhada da cana-de-açúcar em uma das regiões produtoras de Alagoas, determinando a taxa de liberação do nitrogênio, fósforo e do potássio da palhada, das duas variedades de cana-de-açúcar mais cultivadas em Alagoas, usando o balanço de massas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL E NO MUNDO

A cana-de-açúcar, introduzida no Brasil no período colonial por Martim Afonso de Souza, tornou-se uma das principais culturas da economia do país (CESNIK, 2007; MENANDRO, 2016), e atualmente o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo com produção estimada de 664,71 milhões de toneladas em uma área aproximada de 8,60 milhões de hectares (safra de 2020/2021). Esses números permitem o Brasil a alcançar elevada produção de açúcar e etanol, atingindo rendimentos de 41,8 milhões na produção de açúcar, 32,9 bilhões de litros de etanol, 10,5 bilhões de litros de etanol anidro, utilizado na mistura com gasolina e 22,4 bilhões de litros de etanol hidratado (CONAB, 2020). Além da produção de açúcar e etanol, as indústrias têm buscado aumentar sua eficiência na geração de energia elétrica a partir da biomassa.

A cana-de-açúcar possui um ciclo longo (12 a 18 meses), havendo quatro estágios fenológicos: brotação e emergência, perfilhamento, crescimento e maturação dos colmos. Pertencente à família Poaceae e ao gênero *Saccharum*, que engloba várias espécies, entretanto, atualmente as espécies cultivadas são todas híbridas. Nesses cruzamentos, busca-se rusticidade, resistências às adversidades e boa qualidade na produção de açúcar. Os híbridos recebem nomenclatura padronizada, com informações sobre a instituição responsável pelo cruzamento, o ano e o número específico do clone. A planta da cana-de-açúcar não possui centro de origem exato e é questionado por diversos autores, entre as regiões mais citada estão a Índia, Nova Guiné e Polinésia, assim, acredita-se ser nativa do sudeste da Ásia, não havendo contradições quanto a isso (MENANDRO, 2016).

A cana-de-açúcar é bem adaptada aos climas tropicais e subtropicais. Tem como principal produção o açúcar e o álcool, porém pequenos e médios produtores rurais utilizam a cana como matéria prima para a fabricação de açúcar mascavo, cachaça, rapadura e para alimentação animal, de ruminantes e suínos, principalmente no período que o preço do milho eleva. Com o intuito de aumentar a produtividade, algumas práticas agrícolas são adotadas pelos técnicos, dentre as quais podemos citar: a melhoria dos atributos físicos e químicos do solo com a aplicação de gesso, calcário, adubos químicos e adubos verdes e a escolha adequada da variedade para determinada região (OLIVEIRA et al., 2018).

A produtividade média da cana-de-açúcar é 100 toneladas de matéria natural por hectare, entretanto, seguindo as recomendações de correção da química e física do solo, além da utilização da variedade adequada pode-se chegar a 150 toneladas de matéria natural por hectare. Produtores tecnologicamente mais avançados que utilizam irrigação, melhoram a performance dos canaviais, resultando em maior longevidade dos canaviais, havendo relatos de produtividade da ordem de 200 toneladas de colmos industrializáveis por hectare. A colheita da cana-de-açúcar remove grande quantidade de nutrientes do solo, assim medidas devem ser tomadas para manter a produtividade da cana-planta e obter pequena redução nas rebrotas durante o ciclo da cultura, sendo recomendável adotar práticas agrícolas que contribuam para manter ou aumentar a fertilidade do solo (OLIVEIRA et al., 2018).

2.2 SISTEMAS DE COLHEITA

Os tipos de colheita utilizada nas áreas agrícolas de cana-de-açúcar influenciam na produtividade da lavoura, na longevidade do canavial, nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo, no meio ambiente e na saúde pública. A escolha do método de colheita é uma das etapas de maior importância, dada a sua participação final no custo do produto, sendo de suma importância a escolha do sistema mais adequado, requerendo análise detalhada (MACHADO; LOPES, 2000; SOUZA et al., 2005). A escolha do método ideal otimizará o fluxo da indústria, reduzirá o custo de transferência da matéria prima e, também contribuirá para melhorar a qualidade da matéria prima e reduzir a matéria estranha. Os sistemas mais utilizados na colheita de cana-de-açúcar são: o corte manual com previa despalha a fogo e a colheita mecanizada (SOUZA et al., 2005).

A colheita da cana com previa despalha a fogo foi, durante muitos anos, o método de colheita mais utilizado em diversas regiões canavieiras do Brasil, queimando para facilitar o corte do trabalhador rural, aumentando sua produtividade, evitar acidentes com picadas de animais peçonhentos e diminuir lesões causadas pelas folhas, que são cortantes (SAIANI e PEROSA, 2016). O sistema de colheita com queima elimina a matéria orgânica presente no solo e não tem reposição pela palhada da cana, eleva a concentração de gás carbônico na atmosfera, que contribui para o efeito estufa, impactando sobre a saúde das pessoas, sobretudo em relação a doenças respiratórias (SAIANI e PEROSA, 2016; SOUZA et al., 2005).

Em diversas culturas agrícolas, incluindo a cana-de-açúcar, a mecanização tem substituído gradativamente os métodos antigos de colheita (BRAUNBECK e OLIVEIRA,

2006), impulsionada por leis que dispõem da eliminação gradativa da queima da cana para colheita, entre outros fatores, como, a escassez da mão de obra nas áreas rurais, necessidade de manter o nível competitivo das empresas e cooperativas rurais, facilitar o gerenciamento das operações, grande demanda por etanol, advinda dos automóveis que utilizam esse combustível como fonte de energia e em âmbito internacional, os países buscam produtos com baixo impacto ambiental, gerando assim incentivo para os produtores inovar e buscar tecnologias sustentáveis, tanto social quanto ambiental (BRAUNBECK e OLIVEIRA, 2006; MENANDRO, 2016; SAIANI e PEROSA, 2016). Assim, aumentando nos últimos anos a área colhida mecanicamente, em Alagoas e em outras regiões produtoras de cana-de-açúcar no Brasil, nessas áreas grandes quantidades de resíduos são mantidas na superfície do solo (IVO et al., 2013; SOUZA et al., 2005). Por outro lado, surge a preocupação com a compactação do solo e seus efeitos sobre os atributos físicos, o desemprego, controle de pragas e, podendo levar, a baixas produtividades da lavoura (ABREU et al., 2009; ARAÚJO et al., 2013; CAVALIERI et al., 2011; DINARDO-MIRANDA; GARCIA; COELHO, 2001).

2.3 PALHADA DA CANA-DE-AÇÚCAR

Com a implantação desse novo sistema de colheita de cana, tem-se a deposição de matéria orgânica sob a superfície do solo, advinda das folhas secas, dos ponteiros, das folhas verdes e quantidade variáveis de pedaços de colmo (GAVA et al., 2003; OLIVEIRA et al., 1999a). A quantidade de palhada que permanece na superfície do solo após a colheita mecanizada varia de acordo com a variedade, a idade e a produtividade do canavial, o corte e as práticas agrícolas adotadas (STANCATTE et al., 2015).

A mineralização desse material depende de vários fatores, dentre eles os fatores ambientais, tais como a temperatura e umidade, a composição química da palhada, relação C:N e os teores de lignina, celulose e hemicelulose (OLIVEIRA et al., 1999a). Apresentando em sua composição teores de 38% de celulose, 29% de hemicelulose e 24% de lignina (SANTOS, 2018). Tem-se verificado que a taxa de decomposição desse material varia de acordo com a temperatura e a umidade do local e não exclusivamente da composição química do material, porém, constata-se que a maior taxa de decomposição é inicialmente dos carboidratos solúveis (sacarose e amido), posteriormente os carboidratos estruturais (hemicelulose, celulose e lignina) por serem materiais mais resistentes ao ataque microbiológico (OLIVEIRA et al., 1999a).

O acúmulo e a decomposição desse material resultam em algumas vantagens e desvantagens: essa camada de matéria natural aumenta a infiltração de água no solo, melhora a estrutura do solo, aumenta a CTC, diminui a erosão e a evaporação e posteriormente, com a decomposição, vai ser fonte de nutrientes para a macro e microflora do solo e para os próximos ciclos da cana-de-açúcar (OLIVEIRA et al., 1999b). O sistema radicular e a produtividade da cana-de-açúcar são favorecidos pela mudança do sistema de colheita (AQUINO et al., 2015), o controle de plantas daninhas é favorecido nas variedades que depositam grandes quantidades de palhada no solo (SILVA NETO et al., 2018) e redução do custo da colheita comparada com o método tradicional de cana queimada (REIS, 2009).

Por decorrência desse método de colheita, há uma maior intensidade de tráfego com máquinas, o que pode alterar negativamente a física do solo e levar à compactação (CAVALIERI et al., 2011), entretanto esse não é o único ponto negativo proveniente da colheita mecanizada. Alguns estudos já foram realizados a respeito dos impactos sociais que os trabalhadores rurais sofrerão, da redução da qualidade do material colhido e da longevidade do canavial (ABREU et al., 2009; REIS, 2009). Em relação a incidência de pragas no canavial, a queima ajuda na redução dos insetos que causam danos à lavoura, e, portanto, na ausência da queima algumas pragas se tornariam mais importantes no sistema de cana colhida mecanicamente, podendo vir a causar grandes prejuízos (MENANDRO, 2016).

2.4 USO DE PALHADA NA GERAÇÃO DE ENERGIA

A produção de energia proveniente da biomassa é uma alternativa para geração de energia limpa, reduzindo assim o uso de combustíveis fósseis, diversificando a produção para o futuro e apresentando vantagens econômicas e ambientais. Deste modo, a forma para explorar essa nova tecnologia tem que ser atrativa economicamente e financeiramente viável. O Brasil apresenta uma grande vantagem em relação aos outros países, pois dispõe de grande quantidade de insumos, em especial o bagaço e a palhada da cana-de-açúcar. Dentre as formas de converter biomassa em energia, a utilização de microrganismo se destaca, sendo o fungo o microrganismo eucarionte com maior importância, pois tem inúmeras aplicações no setor de bioenergia, inclusive na produção de biocombustíveis de 2ª geração, também chamados de biocombustíveis celulósicos, produzidos a partir de matéria prima não alimentar, como a palhada e o bagaço da cana-de-açúcar. A produção de biocombustíveis de 2ª geração é significativamente mais complexa que os de 1ª geração, produzidos a partir de açúcar, amido e óleos, de uma parte

específica da planta, geralmente comestíveis, como o colmo da cana-de-açúcar ou os grãos do milho (PACHECO, 2011).

A participação relativa dos biocombustíveis na matriz energética brasileira vem aumentando, devido, principalmente, pelo esforço em reduzir a emissão dos gases de efeito estufa, impulsionando a utilização do etanol e dos biocombustíveis num todo. Dessa forma, as indústrias sucroenergéticas estão dando maior atenção à produção de biocombustíveis, e como a grande expansão no setor agroindustrial da cana-de-açúcar tem gerado grandes quantidades de resíduos orgânicos advindo da produção de açúcar e álcool, tem-se maior preocupação na gestão adequada desse material. Dentre os resíduos gerado, temos a palhada proveniente da colheita mecanizada, como já citado anteriormente, que, por sua vez, pode ser utilizado para geração de energia renovável, elétrica e etanol produzido da lignocelulose. A produção de etanol a partir da celulose e hemicelulose presente na biomassa depende de pesquisas e desenvolvimento de tecnologias para exploração da parede celular, garantindo assim a eficiência do processo e a viabilidade econômica (PACHECO, 2011; MELO JÚNIOR et al., 2015).

No período de 2013-2050 estima-se que a demanda brasileira de energia aumente em torno de duas vezes, com destaque para os avanços com a cana-de-açúcar e seus derivados, que no cenário atual é uma das principais matéria-prima para a geração de energia renovável. Sendo assim, a utilização da palhada para a produção de energia, passou a receber maior atenção, e a ideia de remoção parcial da palhada do campo passou a ser questionadas pelas indústrias (EPE, 2016; MENANDRO, 2016). A produção de energia elétrica é proveniente da queima do bagaço e da palhada, tornando-se recentemente, para o setor sucroenergético, um ponto chave para a produção de bioeletricidade. Com a evolução do uso da palhada a produção tende a aumentar, visto que a mesma representa cerca de 1/3 do potencial energético da cana-de-açúcar (MENANDRO, 2016). Desta forma, estudos devem ser realizados para compreender a dinâmica da decomposição e retirada da palhada do campo para produção de energia e seus impactos em relação a qualidade dos solos, além de desenvolver adequados processos de geração de energia (IVO et al., 2013; MENANDRO, 2016).

O uso para a produção de etanol ainda é pouco explorado, porém tem o potencial de expandir a produção de combustíveis renováveis. Visando esse incremento, as usinas têm adotado a produção de etanol proveniente da lignocelulose e se esforçando para garantir a viabilidade econômica e elevar seus lucros, visto que ainda existe dificuldades técnicas e econômicas (IVO et al., 2013; MENANDRO, 2016). Deste modo, a utilização da palhada

também é uma alternativa de incremento de renda para os produtores de cana-de-açúcar, onde ela poderá ser comercializada, assim como os colmos, garantindo uma maior rentabilidade das lavouras. Entretanto tem-se a necessidade de mais estudos sobre a remoção e a ciclagem de nutrientes, para que a palhada não seja removida em sua totalidade e prejudique a conservação do solo e a nutrição dos canaviais (MENANDRO, 2016).

2.5 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Em relação aos benefícios proveniente da palhada de cana-de-açúcar, o mais citado na literatura é a ciclagem de nutrientes, que melhora a fertilidade do solo e proporciona um reaproveitamento dos nutrientes pela cultura (MENANDRO, 2016). Grandes quantidades de potássio (K) são liberadas rapidamente da palhada, vindo a contribuir para o próximo ciclo da cultura. Essa grande liberação deve-se ao potássio não estar ligado a nenhum composto da planta e ao romper a membrana plasmática do material facilmente sai da célula. Elementos como o nitrogênio (N) e o fósforo (P), de acordo com o manejo adotado na palhada, não têm liberações significativas, e permanecem com uma alta porcentagem na palhada inicialmente, contribuindo a longo médio e longo prazo para a cultura (MENANDRO, 2016; OLIVEIRA et al., 1999a, 1999b; VITTI et al., 2008).

Com a formação do microclima sobre o solo, proporcionado pela palhada da cana, tem-se o aumento da umidade do solo, menores taxas de perda de água, regulação da temperatura e proteção do solo da erosão, isso diminui a velocidade do escoamento, reduz o impacto da gota da chuva e conseqüentemente dificulta o deslocamento de partículas. Essas contribuições influenciam positivamente o sistema radicular e a produtividade da cana-de-açúcar, quando submetida à condições desfavoráveis para o desenvolvimento da cultura, não influenciando quando há condições favoráveis e precipitação pluvial no período de crescimento da cultura (AQUINO et al., 2015). Comparando os métodos de colheita, tem-se vantagem econômica da mecanizada em relação a manual, tendo uma redução de 60,46% nos custos da tonelada colhida ao mudar o método (RODRIGUES, 2008).

A presença da palhada no campo dificulta o aparecimento de plantas daninhas, a interação dos fatores físicos, biológicos e químicos são responsáveis por esse efeito (PITELLI e DURIGAN, 2001). Espécies de plantas daninhas que são fotoblásticas positivas, e que necessitam de determinado comprimento de onda e período de variação térmica grande são prejudicadas pela palhada, por impossibilitar a passagem da luz e manter a temperatura

regulada, também reduz a chance de sobrevivência das plântulas de plantas daninhas com pouca reserva, já que plântulas com pouca reserva não conseguem atravessar uma densa camada de palhada para que ocorra a fotossíntese (PITELLI e DURIGAN, 2001). Variedades de cana que depositam menores quantidades de palhada, tem maiores problemas com determinadas plantas daninhas, validando a influência da camada física da palhada. Com o novo microclima criado pela palhada tem-se o desenvolvimento de uma grande quantidade de microrganismos, que utilizam sementes e plântulas de plantas daninhas como fonte de alimentação, deteriorando esse material. Por fim, há uma interferência alelopática da camada de palhada sob o banco de sementes das plantas daninhas presente no solo (PITELLI e DURIGAN, 2001; SILVA NETO et al., 2018).

Como desvantagens ao sistema de colheita mecanizada, tem-se, em decorrência do aumento do tráfego de máquinas de maior massa por eixo na área do canavial pode vir a alterar negativamente a física do solo e levar a compactação, posteriormente dificultando o desenvolvimento radicular da cultura (CAVALIERI et al., 2011), acarretando menores produtividades da lavoura. O desemprego em larga escala e as condições de trabalho desumanas dos cortadores de cana que permanecem na colheita, aumentando sua jornada de trabalho para garantir o emprego e o sustento da família, trabalhando por muitas vezes mais do que o suportável pelo organismo, além da falta de proteção individual, alimentação inadequada e ao riscos de acidentes (ABREU et al., 2009).

A colheita mecanizada apresenta, redução da qualidade do material colhido, pois tem-se aumento dos índices de material estranho na matéria-prima colhida e encurta a longevidade do canavial, devido a esmagamento de colmos, altura inadequada de corte, compactação do solo e remoção da soqueira (REIS, 2009). A abundante cobertura vegetal deixada em campo, contribui para o aparecimento de pragas como a cigarrinha, *Mahanarva fimbriolata*, por proporcionar condições de alta umidade, o que é favorável para o seu desenvolvimento, e, além do mais, a despalha a fogo contribuía para a destruição das pragas e de seus ovos (DINARDO-MIRANDA; GARCIA; COELHO, 2001).

2.6 TAXA DE LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DA PALHADA

A liberação e ciclagem de nutrientes é um dos pontos mais citados na literatura. A palhada pode contribuir para a manutenção dos nutrientes no solo, aumentar a fertilidade e proporcionar o reaproveitamento dos nutrientes nos ciclos consecutivos da cultura. Em curto

prazo, nutrientes como o potássio podem ser reaproveitados e de médio a longo prazo os nutrientes como o nitrogênio e fósforo podem vir a contribuir de forma significativa para a nutrição das lavouras (MENANDRO, 2016). Em estudos avaliando a degradação da palhada, Faroni et al., 2003, observaram que em um ano de permanência da palhada em campo a quantidade de palhada que permaneceu em relação a inicial variou de 42% a 48%, e com o passar de dois anos, menos de 10% da palhada inicial permaneceu no campo. Entretanto, Oliveira et al., (1999b), observaram redução da massa do material seco de aproximadamente 70% em 11 meses de estudo. Essa diferença na degradação está relacionada ao ambiente e práticas agrícolas, principalmente a irrigação, adotada durante o estudo.

Em trabalho conduzido por Oliveira et al., (1999b), avaliou-se a liberação do Potássio, onde, ocorreu cerca de 93% do valor inicial contido na palhada. Também constada por Oliveira et al. (1999a), em que observaram que 85% do K foi liberado. Essa alta porcentagem é explicada pelo fato desse elemento não ser constituinte de nenhum composto orgânico existente na planta, além de, está presente em sua forma iônica, o que facilita sua saída da célula após o rompimento da membrana plasmática.

A porcentagem de liberação dos nutrientes Cálcio (Ca) e Magnésio (Mg), em relação ao contido inicialmente na palhada, foi de 44% e 39%, respectivamente, a totalidade dos nutrientes Fósforo e Enxofre (S) permaneceu na palhada remanescente após um ano agrícola (OLIVEIRA et al., 1999a), o que não corrobora com resultados obtido por Oliveira et al. (1999b), onde a liberação desses nutrientes foi superior a 60% do total da palhada da cana, em que, seguramente, sofreu influência da irrigação, aumentando a lixiviação dos nutrientes contido na palhada.

Estudos têm mostrado liberação de N da palhada na faixa de 4% a 50% do total inicial, no primeiro ano de permanência em campo (FARONI et al., 2003; OLIVEIRA et al., 1999a; VITTI et al., 2008; OLIVEIRA et al., 1999b). Segundo estudos realizados por Gava et al., (2003 e 2005), do valor de nitrogênio liberado pela palhada, de 4% a 9% foi recuperado pela planta. A quantidade de N do material em decomposição determinará qual reação ocorrerá com predominância, se a mineralização do N contido na palhada ou sua imobilização na biomassa microbiana no solo, visto que as duas reações ocorrem simultaneamente no solo. Pela baixa quantidade de N presente na palhada, espera-se imobilização do mesmo (VITTI et al., 2008). Gava et al., (2005), concluíram que o N proveniente da palhada contribuirá para a manutenção e aumento da reserva de nitrogênio orgânico no solo.

Por outro lado, a permanência da palhada sobre o solo pode dificultar a utilização do nitrogênio fornecido via adubação química, adicionado depois da colheita, pois, pode vir a

ocorrer volatilização da amônia (NH_3) das fontes de nitrogênio amídico (ureia), impedindo que o fertilizante chegue ao solo e seja utilizado pela planta, sendo necessário a incorporação para aproveitamento pela cultura. Atualmente, a ureia é o adubo nitrogenado mais utilizado na agricultura brasileira, em decorrência do seu menor custo em relação a outros adubos, porém quando aplicada sobre a palhada, pode diminuir muito sua eficiência e aumentar as perdas devido a volatilização desse material, sendo atribuída a elevada taxa de hidrólise enzimática da ureia (MENANDRO, 2016; VITTI et al., 2007).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCAL DE CONDUÇÃO DE ESTUDO

O estudo de mineralização foi conduzido em Boca da Mata, zona da Mata Alagoana e, as avaliações químicas realizadas em laboratórios particulares. Amostras de palhada da RB867515 e RB92579 foram coletas em campo, imediatamente após a colheita mecanizada, secas ao sol, picadas manualmente com facção, a tamanho médio de 15 cm de comprimento e armazenadas em galpão até o início do estudo. Esse procedimento teve o objetivo de evitar perdas de potássio da palhada, pois segundo Oliveira et al. (1999b) pequenos volumes de chuvas são suficientes para percolar o nutriente, uma vez que esse elemento não está ligado a nenhum composto orgânico e tem alta solubilidade.



Fonte: Autor, 2021¹.

Figura 1 - Localização da área do estudo, no município de Boca da Mata – AL

3.2 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO ESTUDO

Por ocasião da instalação do estudo em campo, subamostras homogêneas da palhada da RB867515 e da RB92579 armazenadas em galpão foram secas em estufa a 65°C até massa

¹ Montagem a partir de imagens coletadas dos sites: MAPASBLOG e CULTURAEVIAGEM.

constante, passadas em moinho de aço inoxidável, e nesse material vegetal foi quantificado os teores de nitrogênio, fósforo e potássio, seguindo método descrito por Malavolta et al. (1997).



Fonte: Autor, 2021.

Figura 2 – Procedimentos para instalação do estudo em campo.

Para a condução do estudo de mineralização e liberação de nutrientes foram feitos sacos de telas de náilon (malha com diâmetro de 25 mm), com as dimensões de 1,0 x 0,6 m. Transferiu-se para esses sacos uma massa de palhada equivalente a 15 t de matéria seca por hectare, valor médio da matéria seca de palhada, obtido em avaliações realizadas por Oliveira et al. (2003). Esses sacos contendo a palhada foram levados para o campo em meados de março e dispostos em cinco blocos.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 3 – Sacos de náilon usados no estudo.

3.3 AMOSTRAGENS

As datas de amostragens para avaliar a taxa de liberação de nutrientes da palhada da RB867515 e da RB92579 foram aos 45; 105 e 165 dias após a transferência para o campo, dos sacos contendo a palhada. A primeira amostragem foi um intervalo menor, porque, segundo estudo conduzidos por Oliveira et al. (1999b, 2002), a liberação do potássio é rápida. Em cada época de amostragem, a palhada dos sacos, sendo um saco por época e por parcela, foi coletada, pesada, homogeneizada e uma subamostra foi seca em estufa a 65°C até massa constante. Essas subamostras foram passadas em moinho de aço inoxidável tipo Willey. As subamostras foram enviadas para laboratório e submetida a determinação dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio seguindo método descrito por Malavolta et al. (1997).



Fonte: Autor, 2021.

Figura 4 – Material coletado 45; 105; 165 dias após a transferência para o campo.

3.4 AVALIAÇÃO

Pelo balanço de massa da quantidade de nitrogênio, fósforo e potássio inicialmente existente nos sacos de náilon e a remanescente em cada época de amostragem será calculada a taxa de liberação do N, P e K da palhada da RB867515 e da RB92579, seguindo método descrito por Oliveira et al. (2002) e Menandro (2016). Os valores médios de liberação dos nutrientes em cada época de amostragem serão submetidos à análise de variância e, havendo diferença significativa serão obtidas equações de regressão (FERREIRA, 2008).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Inicialmente serão apresentados os resultados referentes ao nitrogênio e ao fósforo e, posteriormente os relacionados ao potássio. A massa de palhada de cana-de-açúcar da RB867515 e RB92579, transferida para os sacos equivaleu-se a 15 t de matéria seca por hectare. Nessa massa de palhada a quantidade de nitrogênio era de 56,0 kg por hectare tanto para a RB867515 quanto para a RB92579. Assim, o teor médio de nitrogênio na palhada foi de 3,73 g de nitrogênio por kg de matéria seca de palhada. Devido a homogeneização da palhada antes da transferência para os sacos de naylon, o coeficiente de variação na concentração de nitrogênio da palhada foi inferior a 5%. Oliveira et al. (2003), avaliaram a matéria seca e os nutrientes contidos na palhada de dez variedades de cana-de-açúcar. Para a RB867515 os autores relatam massa de matéria seca de 18,45 t por hectare e massa de 57,0 kg de nitrogênio por hectare. Não houve diferença significativa na massa de nitrogênio na palhada das 10 variedades de cana-de-açúcar, sendo o valor médio de 52,0 kg por hectare. Ainda em relação os estudos de Oliveira et al. (2003) verificaram-se teores médios de nitrogênio de 3,60 g por kg de matéria seca de palhada, valores muito próximos aos obtidos com a palhada da RB867515 e da RB92579.

A liberação do N da palhada da RB867515 não diferiu da liberação do N da palhada da RB92579, sendo o valor médio de apenas 15%, comparativamente à massa inicial. Essa pequena liberação do nitrogênio da palhada da RB867515 e RB92579, ocorreu de forma significativa entre 105 e 165 dias. Em estudos conduzidos em Piracicaba -SP e Ribeirão Preto - SP, Oliveira et al. (2002) relatam que cerca de 80% do nitrogênio ainda permanecia na palhada, ao final de um ano de permanência deste resto cultural no campo, pois, dos 64 kg de N inicialmente existentes na palhada, 53 kg continuavam no resíduo da colheita mecanizada no ano seguinte. A alta relação carbono: nitrogênio da palhada é um dos fatores que contribuiu para a lenta mineralização deste resíduo e por consequência ocorreu pequena liberação do N da palhada.

A mineralização dos restos culturais é também dependente de fatores ambientais como a temperatura, umidade, aeração e, principalmente, da composição química da palhada. Além da citada relação C:N, os teores de lignina, celulose, hemicelulose e polifenóis, influenciam grandemente a mineralização da palhada. Segundo Oliveira et al. (1999a), os restos culturais que apresentam teor de N menor que 18 g kg⁻¹ e relação C:N maior que 20 imobilizam o N, e, como a palhada de cana possui, em média, 390 a 450 g kg⁻¹ de carbono e 4,6 a 6,5 g kg⁻¹ de N

esse resto cultural deve apresentar pequena mineralização líquida no período de um ano agrícola. Tem-se verificado maior taxa de decomposição dos carboidratos solúveis (sacarose e amido), seguidos dos carboidratos estruturais, hemicelulose, celulose e lignina, sendo este o mais refratário ao ataque microbiológico (OLIVEIRA et al., 1999a; BENEDETTI, 2014; MENANDRO, 2016; YAMAGUCHI et al., 2017).

Tanto nas pesquisas que utilizaram o balanço de massas quanto nas que empregaram a técnica isotópica do ^{15}N , foi observada pequena liberação do nitrogênio da palhada, conforme citado por Spain e Hodgen (1994) e Robertson e Thorburn (2007), na Austrália; Digonzelli et al. (2011), na Argentina; Benedetti (2014), Menandro (2016) e Yamaguchi et al. (2017) no Brasil, concordando com os resultados obtidos no presente estudo. Yamaguchi et al. (2017) realizaram estudo de mineralização do carbono e do nitrogênio da palhada da RB855210, em Araras -SP, por um ano (setembro a julho do ano subsequente). Os autores notaram que até aos 162 dias houve imobilização do N, evidenciada por valores negativos para a taxa de mineralização. A relação carbono: nitrogênio (C:N) inicial da palhada utilizada nesse estudo era de 101, igual a citada por Oliveira et al. (2002). Contudo, aos 210 dias começou a ocorrer mineralização da palhada e nesta ocasião a relação C:N era de 37:1.

Liberação de N da palhada, da ordem de 20% no primeiro ano foi observada por Ramos et al. (2016). Entretanto, esses autores notaram que no segundo ano do estudo a mineralização do N da palhada elevou-se para aproximadamente 55%. Robertson e Thorburn (2007), em estudos conduzidos em diferentes regiões canavieiras da Austrália, relatam que 79% do nitrogênio da palhada ainda permanecia neste resto cultural após seis anos. Nas avaliações realizadas por Digonzelli et al. (2011), em Cruz Alta, Tucumán, Argentina, foi observado que no primeiro ano de estudo somente 13% do nitrogênio da palhada foi mineralizado, mas no segundo ano de estudo o percentual de liberação do nitrogênio da palhada elevou-se para 56%, valores próximos ao citado por Ramos et al. (2016), também para o segundo ano de estudo.

A técnica isotópica do ^{15}N tem sido usada por pesquisadores em diferentes partes do mundo, para avaliar a contribuição do nitrogênio da palhada da cana-de-açúcar para a nutrição das rebrotas das plantas. Kwong et al. (1987), em estudos conduzidos nas Ilhas Maurício, avaliaram a contribuição do nitrogênio da palhada para a nutrição da cana-de-açúcar. Esses autores conduziram estudos em casa de vegetação e em campo, usando tanto palhada marcada com ^{15}N e quanto adubo marcado com ^{15}N . No estudo conduzido em casa de vegetação, a massa de palhada equivaleu a 10,0 t por hectare. Mesmo a palhada tendo sido moída e passada por uma peneira de 1,0 mm, a contribuição deste resto cultural para a nutrição da cana-de-açúcar

foi de menos 10% de N absorvido pela cultura. A absorção do N da palhada foi mais efetiva durante os 6 meses iniciais do experimento, embora ao final do período de estudo de 18 meses, menos de 15% do N da palhada foi totalmente recuperado pela cana-de-açúcar.

Ainda em relação aos estudos conduzidos por Kwong et al. (1987), naqueles instalados em campo, em um Acrisol Húmico (relação C:N 22), na ausência de fertilizante nitrogenado a palhada não moída, em dose equivalente a 5,0 t de matéria seca por hectare, reduziu a absorção de N do solo pela cana-de-açúcar ao imobilizar o nitrogênio disponível no solo. Além disso, o estudo de campo confirmou que a contribuição do N residual no suprimento de N da cana-de-açúcar é desprezível. Então, segundo Kwong et al. (1987), o valor da palhada da cana-de-açúcar residiria em sua capacidade de aumentar, a longo prazo, o nível de matéria orgânica dos solos. Potrich et al. (2014), em estudo conduzido em Dourados - MS, avaliaram o efeito da aplicação de diferentes doses de nitrogênio sobre os resíduos culturais de cana-de-açúcar, quanto a sua decomposição e contribuição para a retenção de carbono no solo. No estudo foram avaliadas quatro doses de nitrogênio: 0, 50, 100 e 150 kg de nitrogênio por hectare e, sete épocas de coleta: 0, 30, 60, 90, 120, 150 e 180 dias. Foram analisados a taxa de decomposição dos resíduos, o carbono orgânico total e o carbono lábil no solo. Potrich et al. (2014) verificaram que a aplicação de doses crescente de N proporcionou aumento nas taxas de decomposição da palhada, confirmando os resultados do estudo de Kwong et al. (1987).

Em pesquisa conduzida na Austrália, por Meier et al. (2006), também foi utilizada a técnica isotópica com ^{15}N . Esses autores avaliaram em campo, em solos contrastantes, um Hydrosol e um Ferrosol, a contribuição da palhada para a nutrição de nitrogenada da cana-de-açúcar. A palhada marcada com ^{15}N foi aplicada na superfície do solo ou incorporada no solo. Foi utilizada adubação com ureia marcada com ^{15}N nas parcelas que não receberam a palhada marcada com ^{15}N . Assim, o objetivo do experimento foi investigar a contribuição da palhada para a nutrição de N da cultura em climas tropicais úmidos, a taxa de mineralização do N da palhada e a retenção do N da palhada em solos contrastantes.

Menos de 6% do N da palhada foi recuperada na primeira safra e a recuperação não foi afetada pela incorporação da palhada no solo. Cerca de 6% do N do fertilizante também foi recuperado na primeira safra, que foi menor do que medido anteriormente em áreas temperadas: 20 a 40% de recuperação do nitrogênio na cana-de-açúcar. Amostras de folhas colhidas no final da segunda safra continham de 2 a 3% do N da palhada e dos fertilizantes aplicados no início do estudo. Apesar da maior parte do N recuperado no solo estar na camada de 0 a 15 cm de profundidade, havia pequenas quantidades de ^{15}N abaixo desta profundidade, mostrando

pequeno movimento vertical do N no perfil do solo. A análise dos resultados também mostrou que a palhada da cana-de-açúcar fornece N lentamente e em pequenas quantidades para a safra seguinte em áreas úmidas de cultivo de cana-de-açúcar, independentemente da localização da palhada (na superfície do solo ou incorporado) ou tipo de solo, e assim a mineralização de N a partir apenas uma camada (palhada de apenas uma colheita) não é importante para a produção de cana-de-açúcar nos trópicos úmidos (MEIER et al., 2006).

No norte do estado de São Paulo, Fortes et al. (2012), estudaram a decomposição dos resíduos da pós-colheita da cana-de-açúcar (palhada) em longo prazo, sob cultivo reduzido. Para tanto, a renovação do canavial foi realizada com herbicida seguido por subsolagem e nas rebrotas não houve cultivo da entrelinha da cana-de-açúcar. O estudo foi conduzido em campo durante quatro safras consecutivas (2005 a 2008), sendo utilizados sacos contendo palhada marcada com ^{15}N . Assim, os autores tentaram simular no campo duas situações: 1) palhada da safra anterior ou resíduos incorporados no campo após cultivo e, 2) palhada pós-colheita ou resíduos da colheita da cana-planta.

A taxa de decomposição de matéria seca, o carbono, o crescimento radicular, os nutrientes das plantas (N, P, K, Ca, Mg e S), os teores de lignina (LIG) celulose (CEL) e hemicelulose (HCEL) foram avaliados para palhada da safra anterior nas safras 2005 a 2008 e, para palhada pós-colheita as avaliações foram nas safras 2006 a 2008. Houve reduções significativas da matéria seca da palhada da cana-de-açúcar e redução na relação C:N da palhada devido às perdas de C e crescimento da raiz dentro dos sacos contendo palhada, ao longo do tempo. A matéria seca da palhada da safra anterior e da palhada pós-colheita diminuíram em 96% e 73% após quatro e três safras, respectivamente. Os nutrientes com maior taxa de liberação da palhada foram o potássio, o cálcio e o nitrogênio. As concentrações de LIG, CEL e HCEL na palhada da safra anterior diminuíram 60%, 29%, 70% após quatro safras. Para a palhada pós-colheita, após três safras, as reduções nas concentrações de LIG, CEL e HCEL foram de 47%, 35%, 70%, respectivamente. A decomposição da palhada foi influenciada principalmente pela composição bioquímica dos resíduos, crescimento da raiz dentro dos sacos de palhada e as condições climáticas durante os ciclos de cultivo (FORTE et al., 2012).

Para o fósforo não houve liberação significativa e, desconsiderando-se os erros experimentais e analíticos, a massa de fósforo da palhada permaneceu inalterada, cerca de 20,0 kg por hectare. Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira et al. (2002), Robertson e Thorburn (2007), Oliveira et al. (2007), Yamaguchi et al. (2013), Ferreira et al. (2016), Menandro et al. (2016), Ramos et al. (2016).

Na tabela 1 estão apresentadas as médias dos teores de potássio na palhada das variedades RB867515 e RB92579, no início e aos 45; 105 e 165 dias após a transferência dos sacos contendo a palhada para o campo. Pela análise desta tabela verifica-se que a palhada da RB867515, inicialmente com maior teor de potássio, manteve essa maior concentração somente até a amostragem realizada aos 45 dias após a instalação do estudo. A partir da amostragem realizada aos 105 dias os teores de potássio remanescente na palhada da RB867515 e RB92579 foram iguais. Os teores de potássio da palhada variam com o cultivar, a idade do canavial e as práticas agrícolas adotadas (OLIVEIRA et al., 2018). A RB867515 tinha maior teor inicial de potássio porque a palhada foi coletada em ambiente agrícola que recebe aplicação de vinhaça a vários anos, tendo conseqüentemente maior disponibilidade de K no solo e maior concentração nas plantas. A palhada da RB92579 foi originária de área que recebeu irrigação com água. Contudo, teores de potássio variando de 3,0 a 7,0 g por kg de matéria seca foram relatos por Oliveira et al. (1999a); Oliveira et al. (1999b); Oliveira et al. (2003) e Menandro (2016).

Tabela 1 – Média dos teores de potássio na palhada das variedades RB867515 e RB92579, no início e aos 45; 105 e 165 dias após a transferência dos sacos contendo a palhada para o campo. O estudo foi conduzido em Boca da Mata - AL.

Variedade	Início	45 dias	105 dias	165 dias
-----g kg ⁻¹ -----				
RB867515	7,55 Ba	2,52 Bb	0,72 Ac	0,18 Ad
RB92579	5,34 Aa	1,94 Ab	0,66 Ac	0,17 Ad

C.V(%): 6,75

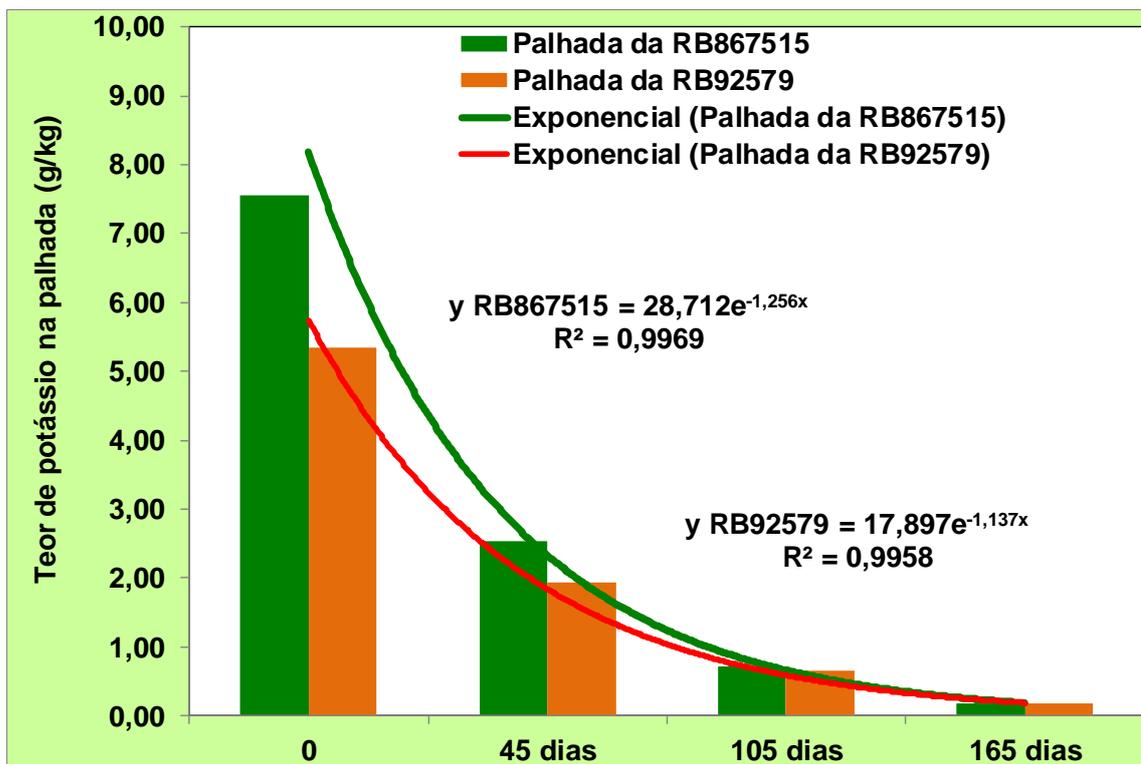
Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na coluna e minúscula na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Fonte: Autor, 2021.

A mineralização da palhada de cana-de-açúcar e a subsequente liberação de nutrientes é dependente de fatores ambientais como a temperatura, umidade, aeração e, principalmente, da composição química da palhada. Em relação aos elementos químicos contidos na palhada, a liberação do potássio é muito rápida, mas para o N e o P essa liberação é muito pequena. O potássio da palhada é liberado rapidamente após o rompimento da membrana plasmática, uma vez que esse elemento não está ligado a nenhum composto orgânico e tem alta solubilidade (MALAVOLTA et al., 1997; OLIVEIRA et al., 1999a; OLIVEIRA et al., 1999b; OLIVEIRA et al., 2003; FORTES et al., 2012; MENANDRO, 2016). Spain e Hodgen (1994) em estudos conduzidos no nordeste da Austrália também observaram rápida liberação do potássio da

palhada de cana-de-açúcar colhida mecanicamente, sem prévia despalha a fogo. Spain e Hodgen (1994) verificaram que o teor de potássio na palhada de cana-de-açúcar recém colhida era de $6,0 \text{ g.kg}^{-1}$, mas essa concentração reduziu-se à metade em apenas três semanas após iniciado o período chuvoso.

Na figura 5 é mostrado os teores de potássio na palhada das variedades RB867515 e RB92579, no início e aos 45; 105 e 165 dias após a transferência dos sacos contendo a palhada para o campo.



Fonte: Autor, 2021.

Figura 5. Teores de potássio na palhada das variedades RB867515 e RB92579, no início e aos 45; 105 e 165 dias após a transferência dos sacos, contendo a palhada, para o campo.

A equação de regressão para a redução do teor de potássio na palhada da RB867515 foi de $Y = 28,712e^{-1,256x}$, com R^2 de 0,9969. Para a redução do teor de potássio na palhada da RB92579 obteve equação foi de $Y = 17,897e^{-1,137x}$, com R^2 de 0,9958.

5 CONCLUSÃO

A liberação dos nutrientes N e P é lenta e não contribuirá de forma significativa para a nutrição da cana-de-açúcar para o próximo ciclo, porém, contribuirá a longo prazo, garantindo a reposição do estoque no solo e a sustentabilidade no uso de fertilizantes químicos.

O potássio é rapidamente liberado pela palhada da cana-de-açúcar, aos 45 dias a concentração desse elemento na palhada foi de 33% para a RB867515 e 36% para a RB92579, contribuindo de forma significativa para a nutrição da cana-de-açúcar no próximo ciclo.

REFERÊNCIAS

ABREU, D. DE et al. Impacto social da mecanização da colheita de cana-de-açúcar. **Revista Medicina do Trabalho**, p. 3–11, 2009.

AQUINO, G. S. DE et al. Sistema radicular e produtividade de soqueiras de cana-de-açúcar sob diferentes quantidades de palhada. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 50, n. 12, p. 1150–1159, 2015.

ARAÚJO, F. S. et al. Espacialização do intervalo hídrico ótimo de um latossolo vermelho em dois sistemas de colheita de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 48, n. 6, p. 651–660, 2013.

BENEDETTI, M. M. **Palhada de cana-de-açúcar em condições de cerrado: decomposição e disponibilidade de nutrientes**. Tese - Universidade Federal de Uberlândia. 2014. 66 p.

BRAUNBECK, O. A.; OLIVEIRA, J. T. A. Colheita de cana-de-açúcar com auxílio mecânico. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal v. 26, n. 1, p. 300–308, 2006.

CAVALIERI, K. M. V. et al. Qualidade física de três solos sob colheita Mecanizada de cana de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 35, p. 1541–1549, 2011.

CESNIK, R. Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil. **Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, v. 86, p. 1–4, 2007.

CONAB. Cana-de-açúcar: acompanhamento da safra brasileira 2020/2021, 3º levantamento – dezembro de 2020. **CONAB**. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/cana/boletim-da-safra-de-cana-de-acucar>. Acesso em: 03 fev. 2021.

DIGONZELLI, P.A. et al. Assessing a sustainable sugarcane production system in Tucumán, Argentina. Part 1: Dynamics of sugarcane harvest residue (trash) decomposition. **Revista Industrial y Agrícola de Tucumán**, v.88, n.1., p 01-12, 2011.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GARCIA, V.; COELHO, A. L. Eficiência de Inseticidas no Controle da Cigarrinha das Raízes , *Mahanarva fimbriolata* , em Cana-de-Açúcar. **STAB**, v. 20, p. 6–8, 2001.

EPE. Estudos da demanda de energia. Nota técnica 13/15 Demanda de energia 2050. Brasil.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética, 2016.

FARONI, C. E. et al. Degradação da palha (15 n) de cana-de-açúcar em dois anos consecutivos. 2003.

FERREIRA, D. F. Sisvar: um programa para análise e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

FERREIRA, D. A. et al. Contribution of N from green harvest residues for sugarcane nutrition in Brazil. **GCB Bioenergy**, v. 8, n. 5, p. 859–866, set. 2016.

FORTES, C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C. Long-term decomposition of sugarcane harvest residues in Sao Paulo state, Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v. 42, p. 189–198, 2012.

GAVA, G. J. C. et al. Recuperação do nitrogênio (15n) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, p. 621–630, 2003.

GAVA, G. J. DE C. et al. Urea and sugarcane straw nitrogen balance in a soil-sugarcane crop system. **Pesquisa Agropecuaria Brasileira**, v. 40, n. 7, p. 689–695, 2005.

IVO, W. M. P. DE M. et al. Impacto do manejo da palha da cana-de-açúcar na produção e decomposição desses resíduos. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 34, 2013. Florianópolis. Anais. 4p.

KWONG, K.E. et al. Value of cane trash in nitrogen nutrition of sugarcane. **Plant and Soil** v.102, p. 79 - 83. 1987.

MACHADO, C.; LOPES, S. Análise Da Influência Do Comprimento De Toras De Eucalipto Na Produtividade E Custo Da Colheita E Transporte Florestal. **Cerne**, v. 6, n. 2, p. 124–129, 2000.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e Aplicações (2ª Edição). **Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato**, 1997. 319p.

MEIER, E. A. et al. The availability of nitrogen from sugarcane trash on contrasting soils in the wet tropics of North Queensland. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 75, p. 101–

114, 2006.

MELO JÚNIOR, C. DE A. et al. Uso sustentável da palha da cana-de-açúcar no rio grande do norte: uma alternativa ao desperdício. In: **Congresso Nacional de Meio Ambiente de Poços de Caldas**, 2015.

MENANDRO, L.M.S. **Caracterização e aproveitamento agrônômico e industrial de ponteiros e folhas secas da cana-de-açúcar**. Campinas, 2016. 72p. Dissertação – Instituto Agrônômico de Campinas.

OLIVEIRA, M. W. DE et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 12, p. 2359–2362, 1999a.

OLIVEIRA, M.W. DE et al. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de cana-de-açúcar em campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, n.12, p.2359-2362, 1999b.

OLIVEIRA, M.W. DE et al. Decomposition and release of nutrients from sugarcane trash in two agricultural environments in Brazil. In: **australian society of sugar cane technologists**, 24., Cairns, 2002. Proceedings. Cairns: D.M. Hogarth, p.40-51. 2002.

OLIVEIRA, M. W. DE et al. Matéria Seca e Nutrientes na Palhada de Dez Variedades de Cana-de-Açúcar. **Stab**, v. 21, n. 3, p. 30–31, 2003.

OLIVEIRA, M. W. DE et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 30-43, 2007.

OLIVEIRA, M. W. DE et al. Mineral nutrition and Fertilization of Sugarcane. **Sugarcane - Technology and Research**. 1ed. Londres: INTECH – Open Science, v. 1, p. 169-191, 2018.

PACHECO, T. F. Produção de Etanol: primeira ou segunda geração?. **Embrapa Agroenergia**, 2011.

PITELLI, R. A.; DURIGAN, J. C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: ROSSELO, R. D. **Siembra Directa en el Cono Sur**. Montevideo: Procisur, 2001. v. 1. p. 203-210.

POTRICH, D. C. et al. Decomposição de resíduos culturais de cana-de-açúcar submetidos a diferentes doses de nitrogênio. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, p. 1751- 1760, 2014.

RAMOS, N. P. et al. Decomposição de palha de cana-de-açúcar recolhida em diferentes níveis após a colheita mecânica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 9, p. 1492–1500, 2016.

REIS, G. N. DOS. **Perdas na colheita mecanizada de cana-de-açúcar crua em função do desgaste das facas do corte de base**. Jaboticabal, 2009. 73p. Tese - Universidade estadual paulista, 2009.

ROBERTSON, F. A.; THORBURN, P. J. Decomposition of sugarcane harvest residue in different climatic zones. **Australian Journal of Soil Research**, 45, 1-11. 2007.

RODRIGUES, E. B. **Comparação técnico-econômica da colheita de cana de açúcar na região de bandeirantes**. Londrina, 2008. 27p. Dissertação – Universidade Estadual de Londrina.

SAIANI, C. C. S.; PEROSA, B. B. Saúde respiratória e mecanização da colheita da cana-de-açúcar nos municípios paulistas: A importância do protocolo agroambiental. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 1, p. 29–50, 2016.

SANTOS, A. M. DOS. **Caracterização química da biomassa: potencial da palha da cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração**. Rio Largo, 2018. 63p. Dissertação – Universidade Federal de Alagoas.

SILVA NETO, H. F. DA et al. Quantificação da palhada de cana-de-açúcar e potencial controle de plantas daninhas. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas.**, v. 10, n. 1, p. 31–37, 2018.

SOUZA, Z. M. DE et al. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271–278, 2005.

SPAIN, A. V.; HODGEN, M. J. Changes in the decomposition of sugarcane harvest residues during the decomposition as a surface mulch. **Biol. Fert. Soils**, v.17, p.225-231, 1994.

STANCATTE, R. S. et al. Decomposição de palha de cana-de-açúcar em cultivo de primeira soca - Iracemápolis – SP. In: **IX Workshop Agroenergia**, n.1, 2015, Ribeirão Preto-SP.

VITTI, A. C. et al. Produtividade da cana-de-açúcar relacionada à localização de adubos

nitrogenados aplicados sobre os resíduos culturais em canavial sem queima. **Revista Brasileira de Ciências do Solos**, v. 31, p. 491–498, 2007.

VITTI, A. C. et al. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana-de-açúcar relacionados com a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2757–2762, 2008.

YAMAGUCHI, C. S. et al. Mineralização de C e de N na palhada de cana-de-açúcar. In: **XXXIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**, 2013. Florianópolis.

YAMAGUCHI, C. S. et al. Decomposição da palha de cana-de-açúcar e balanço de carbono em função da massa inicialmente aportada sobre o solo e da aplicação de vinhaça. *Bragantia*, v.76, n.1, p.135-144, 2017.