



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

BACHARELADO EM AGRONOMIA

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E ACOMPANHAMENTO DE APLICAÇÃO
FOLIAR NAS ÁREAS DE FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA JAPUNGU
AGROINDUSTRIAL

Discente: Douglas Kauê Silva Nunes

Orientador: Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Curso: Bacharelado em Agronomia

RECIFE, 2023



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

BACHARELADO EM AGRONOMIA

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E ACOMPANHAMENTO DE APLICAÇÃO
FOLIAR NAS ÁREAS DE FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA JAPUNGU
AGROINDUSTRIAL

Relatório de Estágio Supervisionado
Obrigatório (ESO) realizado como exigência
para a obtenção do grau de Bacharel em
Agronomia por Douglas Kauê Silva Nunes,
realizado sob a orientação do Professor Dr.
Emídio Cantídio Almeida de Oliveira.

RECIFE, 2023

Tudo posso naquele que me fortalece. Filipenses 4:13

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

UNIDADE ACADÊMICA DE RECIFE

BACHARELADO EM AGRONOMIA

AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO E ACOMPANHAMENTO DE APLICAÇÃO
FOLIAR NAS ÁREAS DE FERTIRRIGAÇÃO POR GOTEJAMENTO NA JAPUNGU
AGROINDUSTRIAL

DOUGLAS KAUÊ SILVA NUNES

NOTA DA BANCA EXAMINADORA (____)

BANCA EXAMINADORA

Professor Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

Unidade Acadêmica de Recife – UFRPE

(Orientador)

Wagner Sandro de Moura Adelino

Engenheiro Agrônomo – Japungu Agroindustrial

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE AGRONOMIA

BACHARELADO EM AGRONOMIA

FOLHA COM A IDENTIFICAÇÃO DO ESO

1. ESTAGIÁRIO

NOME: Douglas Kauê Silva Nunes

MATRÍCULA: 200708423

CURSO: Bacharelado em Agronomia

PERÍODO ELETIVO: 9º

ENDEREÇO: Rua Teolândia – nº 603 C, Brejo de Beberibe, Recife – PE

TELEFONE: (81) 99235-8146

ORIENTADOR: Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

SUPERVISOR: Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

2. UNIDADE CONCEDENTE

NOME: Universidade Federal Rural de Pernambuco

ENDEREÇO: Av. Dom Manoel de Madeiros S/N, Dois Irmãos, Recife – PE

CEP: 52171-900

REPRESENTADA POR: Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

TELEFONE: (81) 99519-6092

3. INSTITUIÇÃO DE ENSINO

TOTAL DE HORAS: 210 horas

LOCAL: Universidade Federal Rural de Pernambuco

SUPERVISOR: Emídio Cantídio Almeida de Oliveira

AGRADECIMENTOS

Primeiramente ao meu Deus por tudo que vem fazendo em minha vida, por todas as oportunidades, bênçãos, livramentos e por ter guiado meus passos para chegar até aqui.

Aos meus pais por todo apoio dado durante esses 5 anos de graduação, e por estarem comigo em todos os momentos da minha vida, tenho certeza que se estou conseguindo terminar minha graduação é muito em função do que fizeram para me manter estudando, e que essa formação é um sonho realizado por todos nós. Eles são minhas referências, meus heróis, minhas inspirações, sem vocês eu não seria nada e agradeço a Deus por ter me dado a honra de ser seu filho.

A minha irmã, por me ajudar em tudo que está ao seu alcance e também por sempre estar presente em todos os momentos de minha vida, junto aos meus pais ela viveu e participou também de toda minha graduação. Daqui a alguns anos eu vou estar lendo seu TCC em Nutrição e está muito feliz por você ser mais uma graduada da família.

A minha namorada Talyta Ribeiro, que não me acompanhou durante toda a minha graduação, mas esteve presente na minha vida durante em uma boa parte do curso. Seus conselhos, sua compreensão, seu apoio e incentivo foram muito importantes, com um papel fundamental para a minha formação. Daqui a alguns anos eu também vou estar lendo seu TCC em Psicologia, e também estarei muito feliz pela sua conquista como sei que você está com a minha.

A todos meus professores e professoras que pude ser aluno dentro da minha graduação, tenho total respeito, admiração e gratidão por todos e também pelo conhecimento passado.

Ao GNAF (Grupo de pesquisa e extensão em Nutrição de plantas, Adubação e Fertilidade do solo) e a todos seus integrantes, onde eu passei 4 anos e meio da minha graduação, e fui de novo a líder. O GNAF foi de suma importância para minha formação profissional e pessoal.

Ao meu orientador e amigo Professor Emídio Cantídio Almeida de Oliveira, que me auxiliou em toda minha caminhada dentro do GNAF. As discussões, reuniões, apresentações, planilhas, relatórios que sob sua orientação pude participar e elaborar foram de suma importância para minha formação, e também todos os conselhos e palavras de incentivo vindas do senhor.

A todos meus amigos e amigas que fiz dentro da Universidade, vocês são fontes de inspiração e dedicação, cada momento ao lado de vocês foram importantes para mim, sem vocês minha graduação não teria sido a mesma.

A todo corpo técnico e departamento agrícola da Usina Japungu, um local onde pude passar alguns meses da minha vida e criar além de uma grande amizade, uma grande admiração por todos. Foi de grande aprendizado todo o tempo passado e conhecimento adquirido junto aos Engenheiros Agrônomos, Técnicos Agrícolas, auxiliares administrativos, líderes de campo e trabalhadores rurais da Japungu Agroindustrial. Vocês contribuíram diretamente na minha formação como Engenheiro Agrônomo, gratidão a todos.

SUMÁRIO

1. Introdução	9
2. Caracterização da Empresa	11
3. Capítulo I – Avaliação da Fertilidade do Solo	13
3.1. Amostragem de Solo	13
3.2. Matéria Orgânica	13
3.3. Acidez	14
3.3.1. pH	14
3.3.2. Alumínio	15
3.3.3. Saturação de Alumínio	16
3.4. Macronutrientes	17
3.4.1. Fósforo	17
3.4.2. Potássio	18
3.4.3. Cálcio	19
3.4.4. Magnésio	21
3.5. Complexo sortivo do solo	22
3.5.1. Capacidade de troca de cátions (CTC)	22
3.5.2. Saturação de Potássio	23
3.5.3. Saturação de Cálcio	23
3.5.4. Saturação de Magnésio	24
3.5.6. Saturação de Bases	25
3.6. Micronutrientes	26
3.6.1. Ferro	26
3.6.2. Mangânes	26
3.6.3. Cobre	28
3.6.4. Zinco	28
3.6.5. Boro	29
3.7. Recomendações de Corretivos de solo	30
3.7.1. Calagem	30
3.7.2. Gessagem	31
4. Capítulo II – Adubação foliar nas áreas de gotejamento	32
4.1. Objetivo	32
4.2. Recomendações	33
4.3. Aplicação Foliar	34
4.4. Resultados esperados	35
5. Considerações Finais	36
6. Referências Bibliográficas	37

RESUMO

O presente relatório tem por objetivo descrever as atividades vivenciadas durante o período de Estágio Supervisionado Obrigatório (ESO) no período de julho a agosto de 2023. O ESO foi realizado junto ao Grupo de Pesquisa e Extensão em Nutrição de plantas, Adubação e Fertilidade do solo (GNAF) coordenado pelo Professor Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira. Os dados para a escrita do relatório do ESO, foram obtidos na Japungu Agroindustrial, localizada em Santa Rita – PB.

As atividades realizadas consistiram em avaliar a fertilidade do solo de áreas de gotejamento subsuperficial cultivadas com cana-de-açúcar, a partir das análises químicas realizadas na última safra, para entender o comportamento de determinados atributos químicos do solo, sendo eles: matéria orgânica (M.O), acidez do solo, macronutrientes, complexo sorbente do solo e micronutrientes. Além disso, também foi realizado acompanhamento de uma adubação foliar, desde as recomendações de quantidades de nutrientes por hectare até a aplicação em campo.

As atividades realizadas no período do ESO podem proporcionar uma vivência e um senso crítico ainda não obtido na graduação. Com isso, foi possível entender como a correção do solo e a adubação foliar podem ajudar no aumento de produtividade.

Palavras-chaves: Avaliação da fertilidade do solo, corretivos de solo, adubação foliar.

ABSTRACT

This report aims to describe the activities experienced during the Mandatory Supervised Internship (ESO) period from July to August 2023. The ESO was carried out together with the Research and Extension Group in Plant Nutrition, Fertilization and Soil Fertility (GNAF) coordinated by Professor Dr. Emídio Cantídio Almeida de Oliveira. The data for writing the ESO report were obtained from Japungu Agroindustrial, located in Santa Rita – PB.

The activities carried out consisted of evaluating soil fertility in areas cultivated and destined for planting sugarcane, based on chemical analyzes carried out in the last harvest, in order to understand the behavior of certain chemical attributes of the soil, namely: organic matter (M.O), soil acidity, macronutrients, soil sorbent complex and micronutrients. In addition, monitoring of foliar fertilization was also carried out, from nutrient quantity recommendations per hectare to field application.

The activities carried out during the ESO period can provide me with an experience and a critical sense not yet obtained in graduation. With this, it was possible to understand how soil correction and foliar fertilization can help increase productivity.

Keywords: Evaluation of soil fertility, soil amendments, foliar fertilization.

1. Introdução

As primeiras notícias sobre a existência da cana-de-açúcar encontram-se anotadas nas escrituras mitológicas dos hindus e nas Sagradas Escrituras. Até o século XVIII foi considerada como remédio e mesmo artigo de luxo. Apareceu primeiramente nas ilhas do Arquipélago da Polinésia. As caravelas, antes de iniciarem suas viagens, levavam mudas de cana-de-açúcar junto as suas provisões, para serem plantadas em novas terras e servirem de suprimentos às novas expedições. Foi assim que ela foi introduzida nas Américas através da segunda expedição de Cristóvão Colombo, em 1493 e, no Brasil em 1502, por Martim Afonso de Souza, proveniente de mudas da Ilha da Madeira. Há registro na alfândega de Lisboa de entrada de açúcar brasileiro nos anos de 1520 e 1526 (CESNIK & MIOCQUE, 2004).

No Brasil, fatores especialmente favoráveis para o seu desenvolvimento foram encontrados: solos férteis, água em abundância, temperaturas quentes e relevos planos, sendo os primeiros canaviais sendo implantados em porções litorâneas na costa brasileira e depois sendo levadas para as áreas interioranas. Após o corte, a cana era levada aos engenhos, onde eram moídas e o caldo proveniente dessa moagem era aferventado até formar uma garapa, para então ser cristalizado e dar origem aos torrões de açúcar que eram exportados para a Europa. Esses engenhos foram, em meados do século XX, substituídos pelas usinas sucroalcooleiras, as quais, no início do século XXI, foram renomeadas como usinas sucroenergéticas, isso aconteceu porque além de açúcar, as usinas produzem álcool, um combustível renovável, e o bagaço proveniente da moagem da cana é usado para produção de energia elétrica (RODRIGUES & ROSS, 2020).

Atualmente, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, na safra 2022/2023 cerca de 8,38 milhões de hectares foram destinados ao cultivo dessa cultura, a produtividade alcançada na safra foi de 73,61 ton/ha, gerando uma produção de 610,13 milhões de toneladas de cana. Foram produzidas cerca de 37 milhões de toneladas de açúcar nesta safra, tendo um acréscimo de 6% em relação à safra anterior, havendo uma virada na destinação da cana-de-açúcar, sobretudo por razões mercadológicas e tributárias ao longo de 2022, o que tornou a produção do açúcar mais rentável que a produção do álcool na maioria das regiões produtoras. Mesmo com a priorização do açúcar, devido uma produtividade maior que a safra passada, a produção de álcool teve um aumento de 3,6% em relação a safra do ano passado, alcançando uma produção de 27,37 bilhões de litros de etanol produzido a partir da cana-de-açúcar (CONAB, 2023).

A cana-de-açúcar em uma região com um solo de alta fertilidade, sem nenhum impedimento físico e químico, com a incidência solar, temperatura, fotoperíodo e com fertirrigação plena, sem pragas e doenças e competição com plantas daninhas, a expressão do potencial genético das variedades plantadas atualmente chegariam a produtividades acima de 380 ton/ha (ROSSETTO et al., 2004). Porém, a produtividade média alcançada na última safra foi bem abaixo disso, apenas 73,61

ton/ha, essa baixa produtividade é consequência da utilização de áreas com baixa fertilidade para o cultivo da cana-de-açúcar, essas áreas geralmente apresentam características de solos arenosos, com pH ácido, com baixa retenção de água e disponibilidade de macro e micronutrientes (LIRA, 2018).

Por produzir grande quantidade de massa, a cana-de-açúcar extrai do solo e acumula na planta grande quantidade de nutrientes, com isso, solos com alta fertilidade (solos que contém os nutrientes essenciais em quantidades adequadas e balanceadas para o normal crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas) suportam um maior número de cortes entre os ciclos de reforma do canavial, de maneira que a produtividade ao longo dos anos ainda se mantém econômica. Portanto, deve-se conhecer a capacidade de fornecimento de nutrientes pelo solo, para, se necessário complementá-la com adubações e, se constatada a presença de elementos tóxicos, reduzir seus efeitos pela calagem e gessagem. (DE OLIVEIRA et al., 2007).

Além da adubação com fertilizantes minerais, para elevar o nível dos elementos essenciais nos solos cultivados com cana-de-açúcar, e o uso de corretivos de solo, para inibir a presença de elementos tóxicos para as plantas, também pode-se utilizar a adubação foliar, para complementar ou suplementar a adubação sólida e fornecer micronutrientes de forma mais eficiente para o canavial.

A capacidade das folhas de absorver nutrientes está diretamente ligada com a origem da vida vegetal, quando as plantas dominavam o ambiente aquático toda parte aérea era responsável pela absorção de nutrientes, água, luz e gás carbônico, quando algumas plantas alcançaram o ambiente terrestre a função de absorção de água e nutrientes ficou a cargo das raízes. Porém, a parte aérea das plantas, principalmente as folhas, mesmo estando altamente adaptada a realização de fotossíntese não perdeu a capacidade de absorver água e nutrientes (VITTI et al., 2005).

A aplicação via foliar de nutrientes às plantas não é uma prática nova, sendo conhecida há mais de 100 anos, porém, só recentemente vem sendo utilizada nos canaviais e estudada mais a fundo nas pesquisas, comparado a outros métodos de adubação. Esse interesse recente pelo manejo da adubação foliar começou após a identificação do fenômeno da “fome oculta” na cana-de-açúcar em relação aos micronutrientes, ou seja, a deficiência existe limitando economicamente a produtividade, mas a planta não mostra os sintomas característicos visíveis da deficiência, embora a redução de produtividade possa ser um sintoma (ORLANDO FILHO, 2001).

Esse tipo de adubação normalmente é realizado para suprir a necessidades dos micronutrientes que a planta necessita como B, Cu, Mn, Zn, Mo, uns exigidos em maior quantidade e outros em menor quantidade, visando a reposição e manutenção dos níveis adequados para altas produtividades na cultura da cana-de-açúcar. (SANTOS et al., 2021). Visando o aumento de produtividade, a adubação foliar deve ser recomendada a partir de análises foliares da região, para assim saber a quantidade correta dos nutrientes que serão aplicados, buscando a nutrição adequada do canavial. Além disso, deve ser feita de forma correta e segura, para evitar possíveis custos e desperdícios.

2. Caracterização da Empresa

A história do Grupo Japungu tem início no final da década de 1980, quando os senhores Paulo Fernando Cavalcanti de Moraes Filho, Luismar Melo e José Ivanildo Cavalcanti de Moraes adquiriram a Usina Japungu, na cidade de Santa Rita – PB, para produção de álcool. Em 1996, fundaram a Agroval, para produção de açúcar, e no início dos anos 2000, o grupo chega ao centro-sul do país. Atualmente, reúne seis unidades de produção de cana-de-açúcar, sendo duas delas localizadas no Estado da Paraíba (Agroval e Japungu Agroindustrial), três no Estado de Goiás (Carmo do Rio Verde, Rubiataba/Cooper-Rubi e Uruçu Açúcar e Álcool), e uma recentemente adquirida no Estado de Minas Gerais (CRV Minas, Vale do Paranaíba).

No Estado da Paraíba, o Grupo Japungu atualmente possui 27.400 hectares de área própria plantada com cana-de-açúcar, na safra 2022/2023 a média de produtividade da usina foi de 63 ton/ha. Além da área própria, o grupo conta com o fornecimento de cana de áreas de produtores de cana próximos de usina. A área agrícola é compartilhada pelas unidades industriais Destilaria Japungu, para produção de álcool, e Agroval, para produção de açúcar.

O período de safra é longo e tem duração média de 10 meses, entre julho e abril, porém na última safra, a moagem durou de julho 2022 a maio de 2023. Com capacidade de moagem diária de aproximadamente 9.500 toneladas de cana somando as duas usinas, na safra 2022/2023 a moagem das duas unidades foi de 2.336.974,04 toneladas de cana. Desse montante foram de 1.496.854,83 toneladas de cana própria e 840.119,210 toneladas foram canas oriundas de fornecedores, sendo 64% de toda cana moída safra 2022/2023 destinada para a fabricação de etanol e os outros 36% para a produção de açúcar.

Destes 27.400 hectares, 7.500 são áreas de irrigação por gotejamento subsuperficial, atualmente essa é a 2ª maior área de gotejamento subsuperficial em cana-de-açúcar em todo o Brasil, as áreas de gotejamento da unidade tem uma produtividade média histórica de 103,12 ton/ha, porém na safra de anterior, essa média fechou em 94,27 ton/ha, ou seja 8,85 ton de cana a menos. Quando comparamos a média histórica da unidade com a média histórica das áreas de gotejamento, podemos observar que o retorno do investimento feito em projetos de irrigação por gotejamento subsuperficial é bem satisfatório para a unidade, tendo um acréscimo de 40 ton/ha nas áreas de gotejamento.

Sistemas de irrigação por gotejamento subsuperficial são caracterizados pelo enterrio do tubo gotejador próximo à zona radicular da cultura, em profundidade adequada que possibilite a irrigação, na unidade os tubos gotejadores são enterrados entre 15 e 25 cm abaixo do solo. Dentre as vantagens do gotejamento subsuperficial estão: a alta eficiência do uso da água, a remoção das linhas laterais da superfície do solo, pequena área molhada na superfície do solo (reduzindo a evaporação), entre outros. Porém a maior vantagem desse sistema de irrigação é quando a mesma é associada com à fertirrigação, é provavelmente a prática agrícola que permite aumentar a produtividade na agricultura.

A fertirrigação permite que os nutrientes sejam fornecidos as plantas de forma única ou parcelada. Dessa maneira, a compatibilidade entre o requerimento de nutriente e a quantidade fornecidas podem ser ajustados de forma mais dinâmica, o que permite maior eficiência de aproveitamento, redução das perdas, além de prevenir danos ambientais como a salinização dos solos e a contaminação de recursos hídricos (SOUZA et al., 2012). Na unidade a fertirrigação é realizada diluindo os fertilizantes, ureia (Fonte de N) e o cloreto de potássio (Fonte de K), em caixas de mistura, essa solução é levada para as caixas de estoque, que posteriormente são injetadas no sistema.

A área agrícola da unidade está localizada numa região denominada como Tabuleiros Costeiros, essa região ocupa uma área de aproximadamente 200.000 km² e se estendem do litoral da Bahia ao Ceará (Figura 1). Nos Tabuleiros Costeiros predominasse Latossolos e Argissolos, ambos Amarelos e distróficos, além dessas duas classes de solo ocorrem, em pequenas áreas dos Tabuleiros Costeiros, Argissolos Acinzentados e Espodosolos, particularmente em áreas mais depressidas, apresentam, em sua maioria, horizonte pã claro e endurecido, fragmentado e quebrável após imersão em água (fragipã) ou contínuo e não-quebrável mesmo após imersão em água (duripã) (MOREAU et al., 2006).

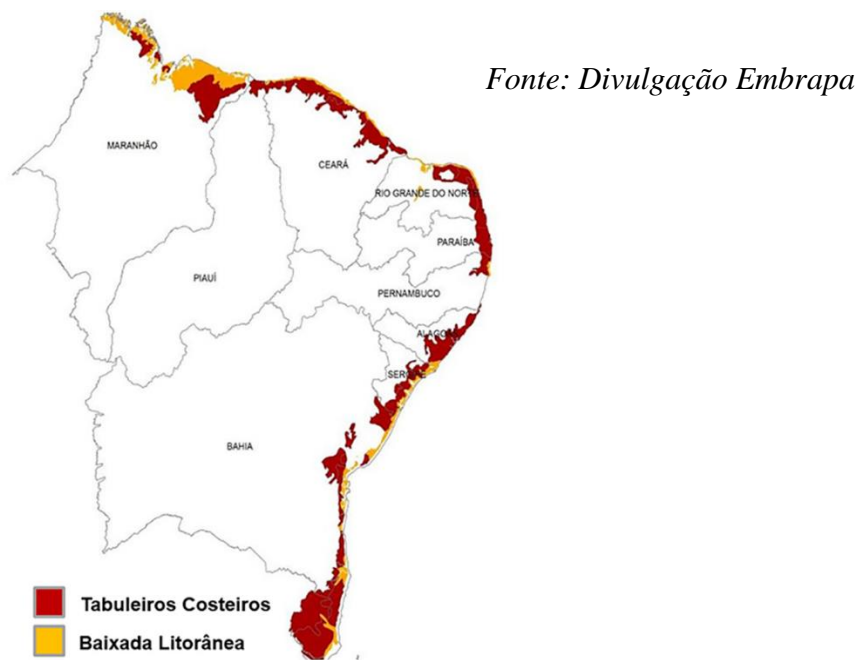


Figura 1. Tabuleiros Costeiros e Baixada Litorânea.

Porém, as classes de solos mais encontradas na área agrícola da unidade são os Argissolos Acinzentados e os Espodosolos, com o fragipã ou duripã na sua composição. Ambos os solos apresentam fertilidade natural baixa, moderadamente a fortemente ácidos, normalmente com saturação por bases baixa (distróficos), podendo ocorrer altos teores de alumínio trocável. Além disso, apresentam texturas predominantemente arenosa, sendo menos comumente textura média e raramente argilosa (EMBRAPA, 2021).

3. Capítulo I – Avaliação da Fertilidade do Solo

3.1. Amostragem de solo

Considerada áreas mais nobres de produção, buscou-se avaliar a fertilidade do solo das áreas de gotejamento que não alcançaram uma boa produtividade na safra passada. Com isso, foram coletadas amostras de 74 talhões de 08 fazendas de áreas gotejamento já cultivadas com cana-de-açúcar, para entender como estão os atributos químicos do solo dessas áreas de produção.

A amostragem foi feita em zigue-zague em cada talhão, utilizando o trado tipo sonda, sendo coletadas 02 amostras simples para cada hectare, quando o talhão tinha mais de 20 hectares, limitou-se em 30 amostras simples por talhão. Posteriormente, essas amostras simples eram homogeneizadas, obtendo-se uma amostra composta para cada talhão, identificadas e enviadas para análises no laboratório Plant&Soil, localizado em Petrolina – PE.

Foram coletadas amostras em duas camadas de solo, de 0-20 cm e de 20-40 cm de profundidade. Os resultados das análises de solo camada superficial (0-20 cm) foram utilizados para calcular a quantidade de calcário que seria aplicado em cada talhão, já os resultados das análises da camada subsuperficial (20-40 cm) foram utilizados para calcular a quantidade de gesso que seria aplicado em cada talhão.

Os resultados foram submetidos a análises de frequência classificando os teores dos parâmetros químicos em: muito baixo, baixo, ideal e alto. Avaliando os parâmetros dessa forma vamos conseguir identificar como está a fertilidade do solo de forma geral na área de produção da unidade.

3.2. Matéria Orgânica (M.O)

. A matéria orgânica atua no solo melhorando a estruturação, a porosidade e aeração, ajuda na retenção de água e nutrientes no solo, serve como fonte de macro e micronutrientes e também como fonte de energia para os microrganismos do solo.

Os solos identificados na unidade, Argissolos Acinzentados e Espodossolos respectivamente, são solos que apresentam teores de matéria orgânica considerados baixos na sua composição. Para aumentar esse teor, a unidade aplica torta de filtro (subproduto da fabricação do açúcar, rico em fósforo e matéria orgânica) no fundo de sulco de plantio. Como a aplicação é feita apenas no plantio do canavial, o residual dessa torna dura em torno de 1 ano de cultivo, e como as áreas de gotejamento coletadas tem por volta de 3 a 4 anos de cultivo, o residual dessa aplicação já tem acabado.

Com isso, podemos observar que na camada de 0-20 cm, apenas 30% dos talhões amostrados apresentam teores de matéria orgânica considerados ideais para a cana-de-açúcar (Gráfico 1 – A), já na camada de 20-40 cm esse número é ainda menor, apenas 16% dos talhões avaliados apresentam teores de matéria orgânica ideal para o cultivo da cana-de-açúcar (Gráfico 1 – B).

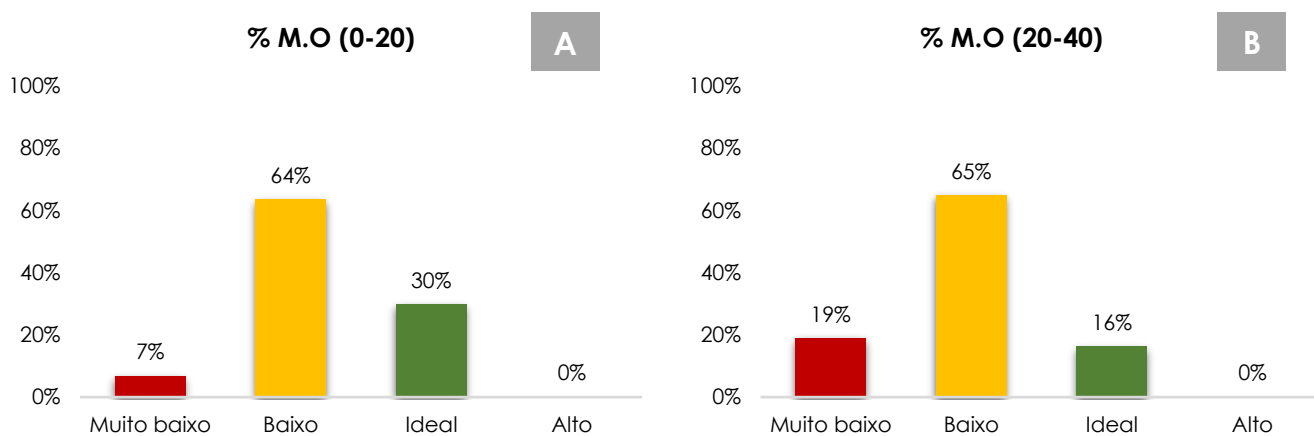


Gráfico 1. Classificação dos teores de Matéria Orgânica dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Na camada de 0-20 cm de profundidade 64% dos solos avaliados apresentam teores de matéria orgânica considerados baixos e 7% dos solos, muito baixo. Na camada de 20-40 cm de profundidade 65% dos solos avaliados apresentam teores de matéria orgânica considerados baixo e 19% dos solos, muito baixo.

3.3. Acidez

3.3.1. pH

O pH do solo é um dos fatores ambientais que mais afeta a disponibilidade de nutrientes para a planta, dependendo da sua faixa, ele pode tornar os elementos tóxicos mais disponíveis para as plantas do que os elementos essenciais, fazendo com que a planta expresse sintomas de deficiência e não consiga alcançar seu potencial produtivo. A faixa de pH considerada ideal para o cultivo da cana-de-açúcar é de 6,0 a 6,5, abaixo ou acima dessa faixa de pH a disponibilidade de nutrientes já diminui.

A partir da análise de frequência, podemos observar que na camada de 0-20 apenas 5% dos solos avaliados apresentaram um pH ideal para o cultivo da cana-de-açúcar (Gráfico 2 – A), já na camada de 20-40 cm de profundidade esse número ficou um pouco maior, 9% dos solos apresentaram o pH na faixa ideal (Gráfico 2 – B).

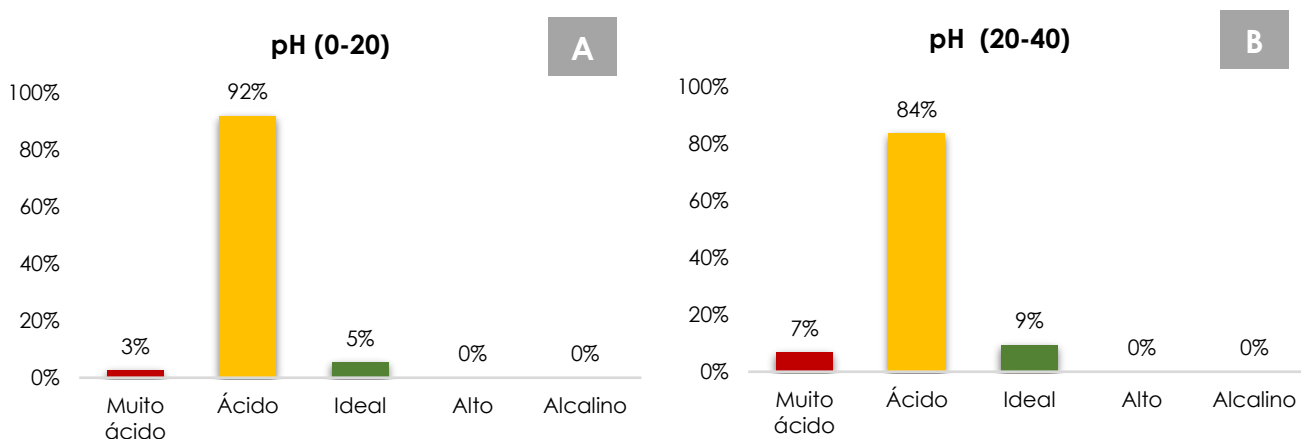


Gráfico 2. Classificação dos teores de pH dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

O pH pode ser classificado, quimicamente, em: ácido (pH abaixo de 7,0), neutro (pH igual a 7,0) e alcalino (pH acima de 7,0). Porém quando falamos de pH em relação a fertilidade do solo classificamos ele de outra forma. No gráfico 2 podemos observar quem em 0-20 cm de profundidade, 92% dos solos avaliados apresentam pH ácido, ou seja, pH variando de 4,6 a 5,9 e 3% apresentam pH muito ácido, ou seja, pH igual ou abaixo de 4,5. Já na camada de 20-40, 84% dos solos avaliados apresentam pH ácido e 7% apresentam pH muito ácido.

3.3.2. Alumínio (Al^{3+})

O alumínio (Al^{3+}) é um elemento considerado tóxico para as plantas, solos com pH abaixo de 5,5 contam com uma alta atividade desse elemento. Os principais sintomas de toxicidade de Al^{3+} podem ser observados no sistema radicular como: raízes caracteristicamente curtas e grossas, raízes laterais engrossadas e pequena formação de pelos radiculares e inibição do crescimento e coloração escura.

Na camada de 0-20 cm, 42% dos solos avaliados apresentaram teores de Al^{3+} considerados baixos e 19% apresentaram teores considerados muito baixos (Gráfico 3 – A). Já de 20-40 cm de profundidade podemos observar que 39% dos solos avaliados apresentaram teores baixos de Al^{3+} e 9% dos solos apresentaram teores considerados muito baixos Gráfico 3 – B).

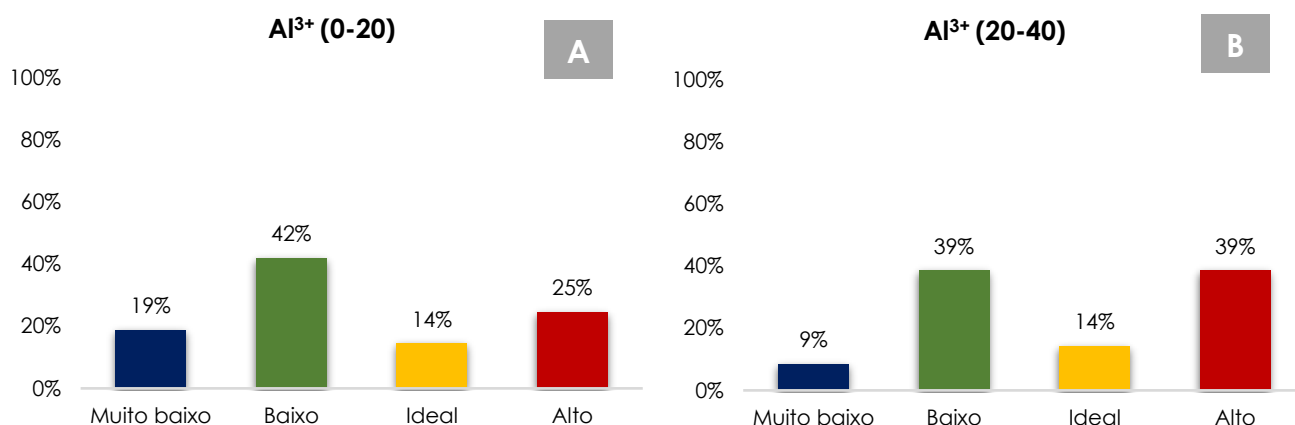


Gráfico 3. Classificação dos teores de Al^{3+} dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Porém nas duas profundidades, apenas 14% dos solos avaliados apresentaram teores de alumínio considerados ideais para o cultivo da cana-de-açúcar, enquanto 25% dos solos em 0-20 cm e 39% dos solos em 20-40 cm apresentam valores altos de Al^{3+} .

Os danos causados pelos altos teores de Al^{3+} nas raízes das plantas são observados em trincheiras abertas nas áreas de gotejamento. Isso significa que boa parte da água e dos nutrientes que estão sendo fornecidos pelo sistema de irrigação não está sendo aproveitado pelas plantas, causando um desperdício de água e fertilizantes, recursos finitos e que custam caro para a unidade. Além disso, esse não aproveitamento das plantas da solução que está sendo aplicada, pode estar ocasionando uma contaminação do meio ambiente, que pode se agravar ao longo do tempo.

3.3.3. Saturação de Alumínio (m%)

A saturação de alumínio (m%) corresponde quantos % da CTC do solo (capacidade de trocar cátions) está ocupada por Al^{3+} , assim como o pH e o teor de Al^{3+} , a saturação de alumínio também é um indicador de acidez do solo.

A CTC do solo é conhecida como a “caixa” do solo, nessa “caixa” pode ser retido e trocado tanto cátions considerados elementos tóxicos para as plantas (Al^{3+} e H^+) como cátions que são elementos essenciais para as plantas (K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , entre outros), esses cátions competem por espaço na CTC do solo, e por ter 3 cargas positivas, os íons de Al^{3+} são mais adsorvidos aos coloides do solo, fazendo com que os macronutrientes sejam menos adsorvidos aos coloides. Então, quanto maior for a saturação de alumínio na CTC do solo, menor serão as dos outros cátions.

Na camada de 0-20 cm, 28% dos solos avaliados apresentaram uma saturação de alumínio considerada muito baixa, enquanto 32% dos solos avaliados apresentaram uma saturação de alumínio considerada baixa (Gráfico 4 – A). Já em 20-40 cm de profundidade, 23% dos solos avaliados apresentaram uma saturação considerada muito baixa e 8% dos solos avaliados uma saturação de alumínio baixa (Gráfico 4 – B).

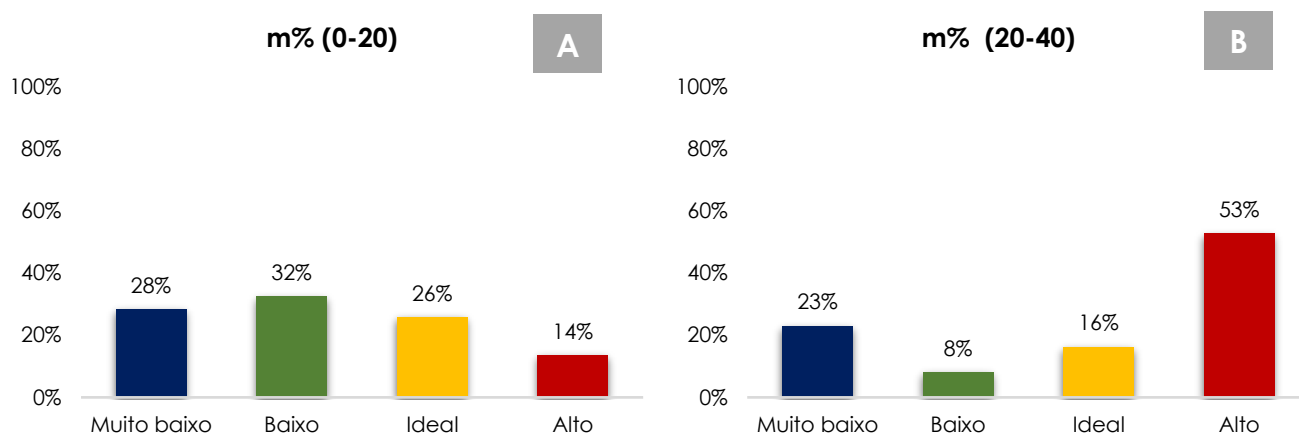


Gráfico 4. Classificação dos teores de $m\%^{+}$ dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Porém, a porcentagem de solos avaliados que apresentavam valores de m% considerados altos, sai de 14% em 0-20 cm de profundidade e vai para 53% quando avaliamos a profundidade de 20-40.

Em trincheiras avaliadas na unidade durante a safra do ano passado, pode-se observar uma maior concentração de pelos radiculares nos primeiros 20 cm de solo, abaixo dessa profundidade a quantidade era muito menor. Após 40 cm de profundidade não era encontrado raízes, acredito que o motivo dessa inexistência de raízes abaixo dessa profundidade esta diretamente ligada com a saturação de alumínio, visto que se o salto entre as duas profundidades avaliadas foi tão grande, provavelmente essa saturação de alumínio abaixo de 40 cm deve ser maior ainda, limitando assim o crescimento radicular e impactando diretamente na baixa produtividade obtida na última safra.

3.4 Macronutrientes

3.4.1. Fósforo (P)

O fósforo é o 2º elemento essencial absorvido pelas plantas, porém em cana-de-açúcar o P é o macronutriente menos absorvido pela cultura, é o nutriente mais utilizado em adubação no Brasil e ele é o nutriente que mais limita a produtividade, isso acontece porque suas perdas no solo são maiores que os outros macronutrientes. O fósforo exerce uma função chave no metabolismo da planta, particularmente na formação de proteínas, pois compõe a estrutura das moléculas de ATP e ADP. Os sintomas de deficiência de P na cana-de-açúcar variam de acordo com as diferentes variedades de cana, podendo se caracterizar com uma coloração de vermelha a marrom que se inicia na nervura principal e ao longo da borda das folhas, como também pequenas manchas esbranquiçadas com uma faixa marrom ocorrem ao longo da nervura central.

Na nossa região, os laboratórios costumam extrair o fósforo do solo a partir do método Mehlich¹ (ácido clorídrico + ácido sulfúrico), esse extrator é fortemente ácido e pode extrair fósforo do solo que não estão disponíveis para a planta na solução do solo, ou seja, superestimando os valores de P encontrados no solo e não entregando uma informação correta ao produtor.

Quando analisamos os resultados obtidos na análise de frequência dos resultados de P pelo método de Mehlich¹ podemos observar que de 0-20 cm 67% dos solos apresentaram teores de P considerados altos e 10% dos solos apresentaram teores de P considerados ideais para a cana-de-açúcar (Gráfico 5 – A). Já na camada de 20-40 cm de profundidade, podemos observar que 51% dos solos analisados apresentaram teores de P considerados altos e 14% apresentaram teores de P considerados ideais (Gráfico 5 – B).

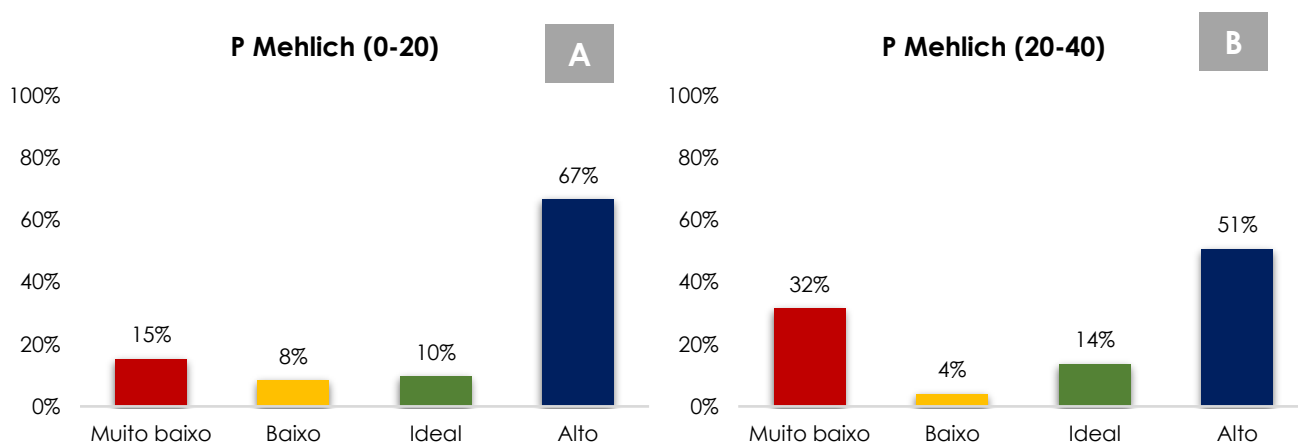


Gráfico 5. Classificação dos teores P Mehlich dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Porém, no laboratório utilizado para fazer as análises também é feita a extração de P do solo através de uma Resina de Troca Aniônica, essa resina fundamenta-se na premissa de simular o comportamento do sistema radicular das plantas na absorção de fósforo do solo. Esse tipo de extração

de P do solo não é normalmente feita para solos da nossa região, são utilizadas geralmente em laboratórios do Sudeste do Brasil.

Quando analisamos os resultados obtidos na análise de frequência dos resultados de P pelo método da Resina podemos observar que de 0-20 cm 79% dos solos apresentaram teores de P considerados muito baixos e 11% dos solos apresentaram teores de P considerados baixos para a cana-de-açúcar (Gráfico 6 – A). Já na camada de 20-40 cm de profundidade, podemos observar que 89% dos solos analisados apresentaram teores de P considerados muito baixos e 6% apresentaram teores de P considerados baixos. (Gráfico 6 – B).

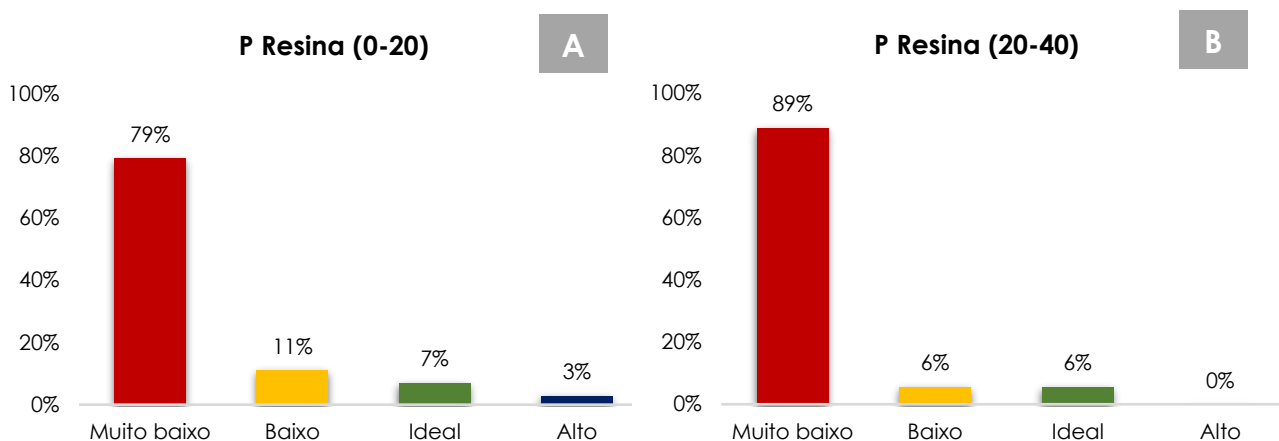


Gráfico 6. Classificação dos teores P Resina dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Os solos analisados estão sendo adubados anualmente com fórmulas que contém fósforo na sua composição, na última safra a fórmula utilizada foi a 15-10-15 na dose de 400 kg/ha, fornecendo assim 40 kg/ha de P_2O_5 . Essas adubações são realizadas, geralmente, entre 45 a 60 dias após o corte da área, as coletas foram realizadas antes dessa data, para não haver interferência dessa adubação na análise de solo.

A disparidade dos dados das análises de P Mehlich¹ e P Resina são notórias, talvez por anualmente estar-se utilizando fórmulas de adubação de cobertura com fósforo na sua composição, explique os altos teores de P encontrados no solo pela análise de Mehlich¹, em contra partida o método utilizado pode está realmente superestimando os valores de P no solo, passando uma informação errada para a unidade. Com isso, deve-se considerar os valores de P Resina como os de mais confiabilidade para a unidade, visto que a à extração pelo método de resina ter maior correlação com as respostas das plantas.

3.4.2. Potássio (K)

O potássio é o 3º macronutriente mais absorvido pelas plantas, porém em na cana-de-açúcar ele é mais o mais absorvido, ele atua como ativador enzimático e é responsável pela turgidez das células e pela abertura e fechamento dos estômatos. Possui alta mobilidade na planta e sua deficiência é notada nas folhas mais velhas, o sintoma é uma clorose marginal nas folhas seguidas de necrose.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 43% dos solos analisados apresentaram teores de potássio considerados ideais para o cultivo da cana-de-açúcar, porém 36% apresentaram teores de potássio considerados baixos e 12% muito baixos (Gráfico 7 – A). Na camada de 20-40 cm de profundidade 59% dos solos avaliados apresentaram teores considerados baixos para o cultivo da cana de açúcar, 35% dos solos apresentaram valores considerados muito baixos e apenas 5% apresentaram valores considerados ideais (Gráfico 7 – B).

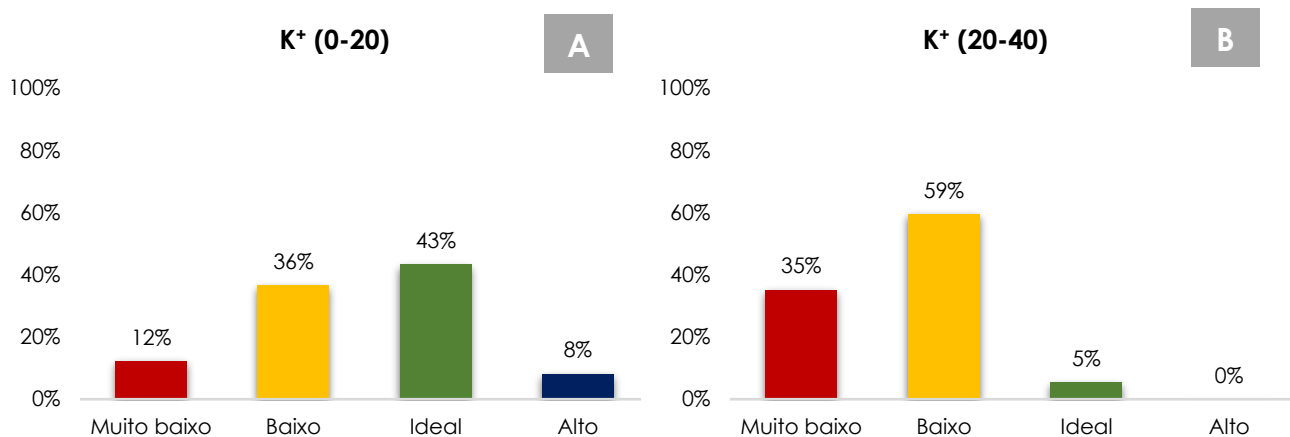


Gráfico 7. Classificação dos teores K⁺ dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

A maioria do potássio que adicionado no solo é através do sistema de fertirrigação, na forma de cloreto de potássio (KCl) purificado, a recomendação de K₂O feita pelo consultor da unidade é cerca de 250 kg/ha de K₂O, sendo parcelada na fertirrigação durante os meses de cultivo. Essa alta recomendação vem da alta exigência da planta pelo nutriente e também pela alta expectativa de produtividade esperada nas áreas de gotejamento da unidade.

Como o tubo gotejador fica enterrado nos primeiros 20 cm de solo, acreditasse que por isso na camada de 0-20 cm dos solos avaliados apresentam valores de potássio considerados ideais para o cultivo da cana-de-açúcar. Porém, com a grande quantidade de K₂O que é adicionado no solo ao longo de muitos anos, esse valor essa porcentagem poderia ser maior

O que reflete os baixos teores de potássio encontrados no solo, principalmente na camada de 20-40 cm, é alta exigência da planta pelo macronutriente, então tudo que aplicado no sistema é rapidamente absorvido pela planta logo nos primeiros 20 cm, onde existe uma maior quantidade de pelos radiculares. Além disso, como o potássio possui apenas 1 carga positiva ele é pouco adsorvido aos colóides do solo, ficando em sua maior parte na solução, quando ele fica na solução do solo ele pode ser lixiviado, ou seja, levado por meio da ação da água para camadas mais profundas do solo, camadas essas que existem poucas, quando existem, raízes com pelos absorventes.

3.4.3. Cálcio (Ca)

O cálcio é um elemento essencial muito importante para a cana-de-açúcar, principalmente porque ele atua no desenvolvimento radicular da cultura, sendo essa sua principal função na planta.

A deficiência de cálcio em cana-de-açúcar vai acarretar num menor desenvolvimento radicular da cultura, provocando assim uma menor absorção de água e nutrientes, acarretando numa baixa produtividade.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 54% dos solos avaliados apresentaram teores de cálcio considerados baixos para o cultivo da cana-de-açúcar, e apenas 38% apresentaram teores de cálcio considerados ideais (Gráfico 8 – A). Enquanto que na camada de 20-40 cm de profundidade 59% dos solos avaliados apresentaram teores de cálcio considerados baixos para o cultivo da cana de açúcar, 28% dos solos apresentaram valores considerados muito baixos e apenas 12% apresentaram valores considerados ideais (Gráfico 8 – B).

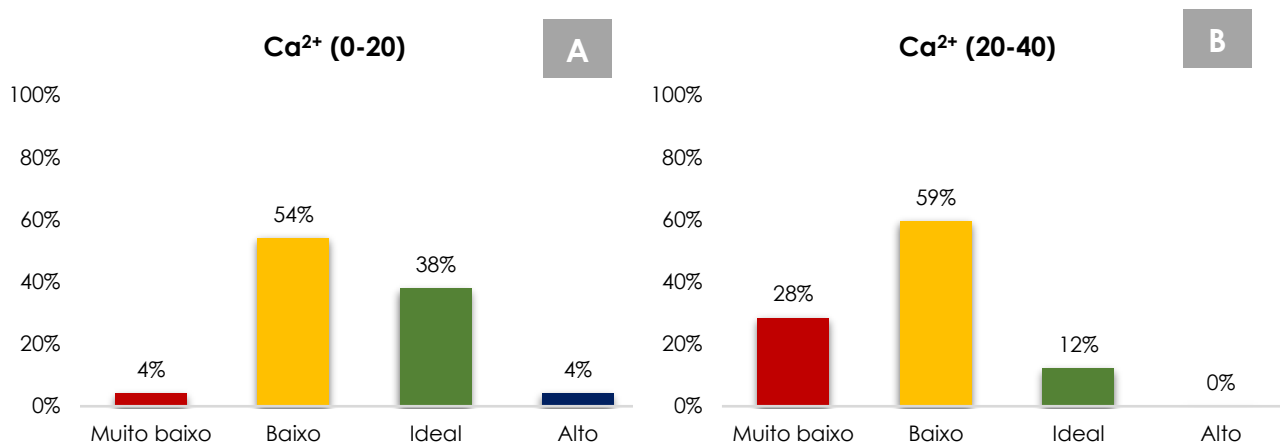


Gráfico 8. Classificação dos teores Ca^{2+} dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Na unidade o fornecimento de Ca^{2+} acontece apenas no plantio por meio da calagem (aplicação de calcário), fazendo com que a reposição anual desse macronutriente não seja feita, ou seja, tornando a planta deficiente do mesmo. Como já citado anteriormente, as áreas de gotejamento apresentam poucas raízes abaixo dos 20 primeiros cm de solo, pela análise de frequência é possível constatar que abaixo da dessa profundidade existe um pH ácido, uma saturação de Al^{3+} muito alta e teores de cálcio considerados baixos ou muito baixos, esses parâmetros químicos validam o que é visto em campo, visto que, esses fatores iram acarretar de além da danificação do sistema radicular da planta, a má formação do mesmo.

Visando o fornecimento anual do calcário como fonte de Ca^{2+} recomenda-se que a calagem seja feita anualmente nas áreas de gotejamento, porém em doses baixas, visando o aumento dos teores de Ca^{2+} na camada superficial (0-20 cm).

O fornecimento de cálcio também pode ser feito pela gessagem (aplicação de gesso agrícola), para a situação observada a calagem seguida da gessagem seria a melhor recomendação a seguir. O gesso agrícola é basicamente um sulfato de cálcio com alta mobilidade no solo, com a camada superficial já corrigida, ele irá ser levado para a camada subsuperficial, o íon sulfato irá reagir com o Al^{3+} , imobilizando o mesmo e deixando o Ca^{2+} disponível para as plantas na solução do solo.

3.4.4. Magnésio (Mg)

O magnésio atua tanto no processo de fotossíntese das plantas, visto que o Mg é o íon central da molécula de clorofila (pigmento responsável pela captação da luz solar), quanto na ativação de algumas enzimas essenciais para o melhor desenvolvimento das plantas C₄, como a cana-de-açúcar. Como é um elemento considerado móvel na planta, sua deficiência é constada por uma clorose internerval nas folhas mais velhas, podendo evoluir para uma necrose.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 58% dos solos avaliados apresentaram teores de magnésio considerados baixos para o cultivo da cana-de-açúcar, e apenas 30% apresentaram teores de magnésio considerados ideais (Gráfico 9 – A). Enquanto que na camada de 20-40 cm de profundidade 58% dos solos avaliados apresentaram teores de magnésio considerados baixos para o cultivo da cana de açúcar, 36% dos solos apresentaram valores considerados muito baixos e apenas 5% apresentaram valores considerados ideais (Gráfico 9 – B).

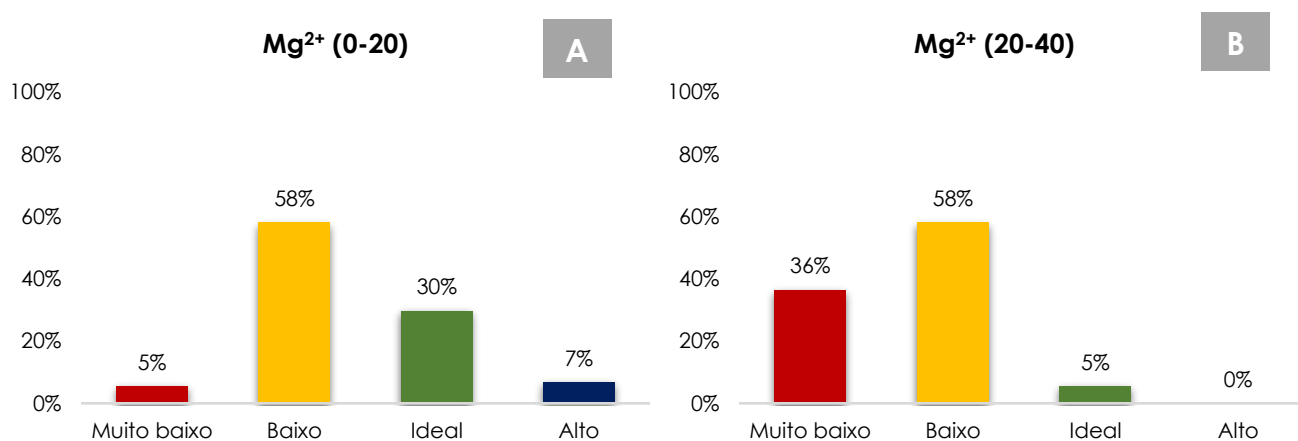


Gráfico 9. Classificação dos teores Mg²⁺ dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Na unidade o fornecimento de magnésio é feito na calagem, visto que o calcário utilizado, geralmente é um calcário dolomítico que contem 12% ou mais de Mg²⁺ na sua composição, com isso além de elevar o pH do solo, neutralizar Al³⁺ trocável, fornecer Ca²⁺ a calagem pode fornecer também Mg²⁺. Mas, como comentado anteriormente, a calagem não é realizada anualmente da unidade, sendo realizada apenas no plantio e em alguns talhões, não sendo um manejo primordial para a unidade.

Porém, na safra anterior o Mg²⁺ foi fornecido via sistema, assim como o potássio, mas isso aconteceu por conta de uma compra errada de Sulfato de magnésio feito pela unidade, sendo esse manejo não adotado usualmente em toda a safra.

Com isso recomenda-se o fornecimento de Mg²⁺ a partir da calagem, assim como o fornecimento de Ca²⁺, sendo assim fornecidos dois macronutrientes que se encontram em teores baixos nos solos das unidades. Além disso, a calagem utilizando doses mais baixas de calcário, voltados apenas para o fornecimento de Ca²⁺ e Mg²⁺ é um manejo mais barato e com um retorno financeiro melhor do que sendo aplicados ambos nutrientes sendo aplicados via fertirrigação.

3.5. Complexo sortivo do solo

3.5.1. Capacidade de troca de cátions (CTC)

A capacidade de troca de cátions do solo (CTC) é a capacidade que o solo tem de reter cátions em seus coloides e poder trocá-los com a solução do solo, disponibilizando assim esses cátions para as plantas, então, quanto maior a CTC do solo, maior será essa capacidade. Com isso, a saturação de alguns elementos essenciais nessa CTC é um dos critérios avaliativos da fertilidade do solo.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 51% dos solos avaliados apresentaram valores de CTC do solo considerados baixos para o cultivo da cana-de-açúcar, e apenas 43% apresentaram valores de CTC do solo considerados ideais (Gráfico 10 – A). Enquanto na camada de 20-40 cm de profundidade 86% dos solos avaliados apresentaram valores de CTC do solo considerados baixos para o cultivo da cana de açúcar, e apenas 12% dos solos valores considerados ideais (Gráfico 10 – B).

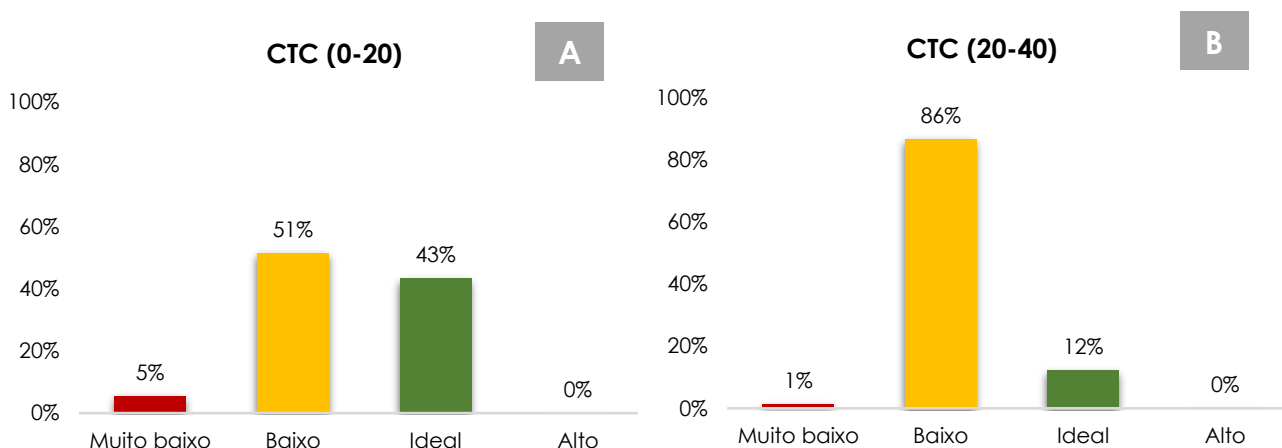


Gráfico 10. Classificação dos valores de CTC dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Os solos encontrados na unidade, Argissolos Acinzentados e Espodossolos respectivamente, são solos que apresentam CTC baixa naturalmente pela sua formação mineralógica e também sua constituição arenosa.

Para aumentar a CTC do solo pode-se se fazer a adição de algum tipo de matéria orgânica ao solo, na unidade usa-se a torta de filtro, mas apenas no plantio, não sendo aplicado novamente nos posteriores anos de cultivo. A matéria orgânica aumenta a CTC do solo, pós quando ela chega no seu último estágio de decomposição (húmus) as suas partículas ficam muito pequenas, numa fração coloidal, essas partículas pequenas vão conseguir reter os nutrientes.

Os solos da unidade são em sua maioria arenosos, as partículas de areia têm uma superfície específica muito baixa, por isso apresentam uma pequena capacidade de reter água e nutrientes. Por isso, quando é adicionado uma matéria orgânica a um solo arenoso a resposta expressa pela cultura é satisfatória, porque como a superfície específica da matéria orgânica no seu último estágio de decomposição (húmus) é muito grande, ela irá amenizar esse déficit característico do solo da unidade.

3.5.2. Saturação de potássio (%K)

A saturação de potássio significa dizer quantos % da CTC do solo está ocupada com o teor de potássio presente no solo. Além do teor de K no solo, a %K na CTC também é um parâmetro avaliativo para a fertilidade do solo.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 55% dos solos avaliados apresentaram valores de saturação de potássio considerados ideais para o cultivo da cana-de-açúcar, e 35% apresentaram valores de saturação de potássio considerados altos (Gráfico 11 – A). Na camada de 20-40 cm de profundidade esse valor é ainda maior, 77% dos solos avaliados apresentaram valores de %K considerados ideais para o cultivo da cana de açúcar, e 9% dos solos valores considerados altos (Gráfico 11 – B).

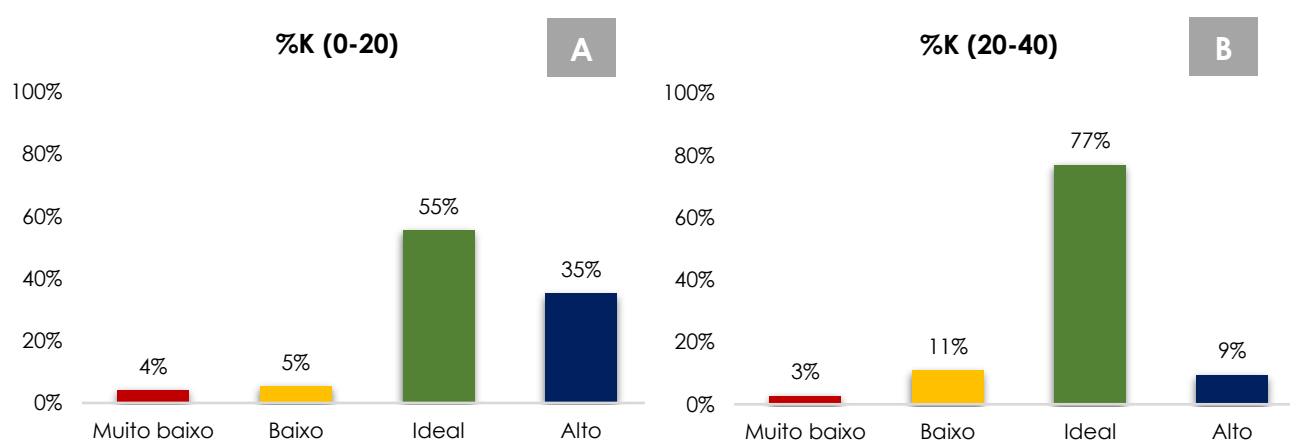


Gráfico 11. Classificação dos valores de %K dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

A saturação de K é ideal e alta em ambas profundidades devido a quantidade de fertilizante potássico que é aplicado no solo, mostrando que mesmo sendo em sua maioria absorvidos pelo canavial, os valores restantes do solo ocupam uma boa parte da CTC dos solos da unidade.

3.5.3. Saturação de cálcio (%Ca)

A saturação de cálcio corresponde a porcentagem da CTC do solo está ocupada com o cálcio presente no solo. Além do teor de Ca^{2+} no solo, a %Ca na CTC também é um parâmetro avaliativo para a fertilidade do solo.

Podemos observar que na camada de 0-20 cm de profundidade, 66% dos solos avaliados apresentaram valores de saturação de cálcio considerados baixos para o cultivo da cana-de-açúcar, 19% apresentaram valores de saturação de cálcio considerados ideais e 15% dos solos valores considerados altos (Gráfico 12 – A). Na camada de 20-40 cm de profundidade esses valores são ainda menores, 89% dos solos avaliados apresentaram valores de %Ca considerados baixos para o cultivo da cana de açúcar, apenas 7% dos solos apresentaram valores considerados ideais e 4% dos solos avaliados nessa camada apresentaram valores de %Ca considerados altos (Gráfico 12 – B).

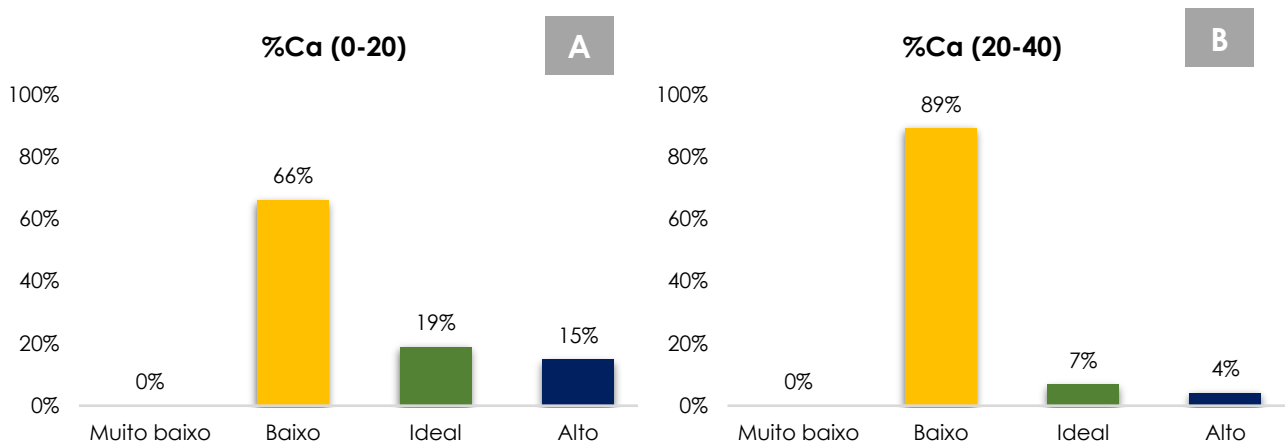


Gráfico 12. Classificação dos valores de %Ca dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Como não é aplicada nenhuma fonte de Ca^{2+} ao longo dos anos de cultivo, apenas na implantação do canavial, esses valores de saturação baixos de Ca^{2+} , tanto na camada superficial quanto subsuperficial, eram esperados. Mostrando que se o fornecimento desse macronutriente não for feita, essa saturação do mesmo na CTC do solo ficará cada vez menor.

3.5.4. Saturação de magnésio (%Mg)

A saturação de magnésio corresponde a porcentagem da CTC do solo está ocupada com o magnésio presente no solo. Além do teor de Mg^{2+} no solo, a %Mg na CTC também é um parâmetro avaliativo para a fertilidade do solo.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 72% dos solos avaliados apresentaram valores de saturação de magnésio considerados baixos para o cultivo da cana-de-açúcar, 19% apresentaram valores de saturação de magnésio considerados ideais e 9% dos solos valores considerados altos (Gráfico 13 – A). Na camada de 20-40 cm de profundidade esses valores são ainda menores, 97% dos solos avaliados apresentaram valores de %Mg considerados baixos para o cultivo da cana de açúcar, apenas 3% dos solos apresentaram valores considerados ideais (Gráfico 13 – B).

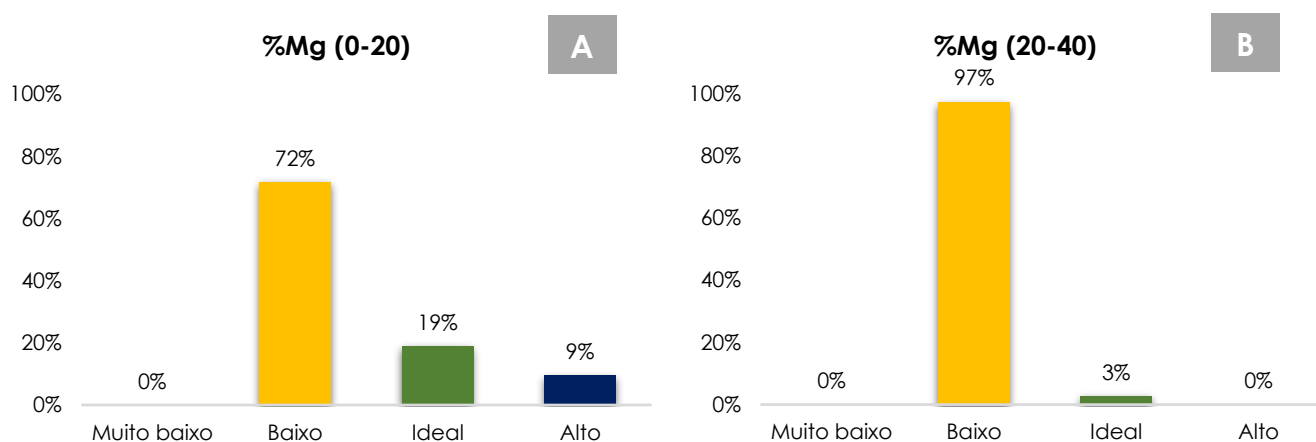


Gráfico 13. Classificação dos valores de %Mg dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Mesmo com a aplicação do sulfato de magnésio via sistema na última safra, a saturação desse nutriente na CTC do solo está muito baixa. Com isso, recomenda-se o fornecimento através da calagem, utilizando apenas uma operação para fornecer dois nutrientes importantes para cultura e que estão em déficit no canavial.

3.5.4. Saturação de bases (%V)

A saturação de bases de um solo corresponde a porcentagem da CTC do solo ocupada pelas bases trocáveis (K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}). A saturação por bases é um excelente indicativo das condições gerais de fertilidade do solo, sendo utilizada até como complemento na nomenclatura dos solos. Os solos podem ser divididos de acordo com a saturação por bases: solos eutróficos (férteis) = $V\% \geq 50\%$; solos distróficos (pouco férteis) = $V\% \leq 50\%$.

Podemos observar que na camada de 0-20 cm de profundidade, 54% dos solos avaliados apresentaram valores de saturação de bases considerados muito baixos (solos distróficos) para o cultivo da cana-de-açúcar, 20% apresentaram valores considerados baixos, 8% dos solos valores considerados ideais e 18% dos solos apresentam valores considerados altos (Gráfico 14 – A). Na camada de 20-40 cm de profundidade esses valores são ainda menores, 85% dos solos avaliados apresentaram valores de V% considerados muito baixos (distróficos) para o cultivo da cana de açúcar, 8% apresentaram valores considerados baixos e apenas 5% dos solos avaliados apresentaram valores considerados de V% considerados ideais (Gráfico 14 – B).

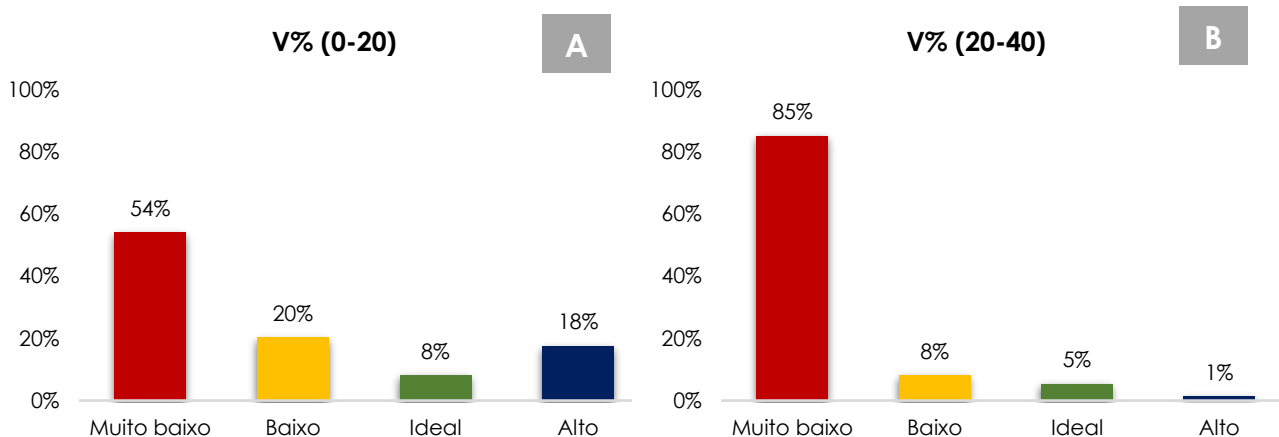


Gráfico 14. Classificação dos valores de V% dos solos avaliados, em 0-20 cm (A) e de 20-40 cm (B) de profundidade.

Com as informações obtidas por meio da avaliação do complexo sortivo dos solos avaliados, podemos afirmar que a CTC do solo da maioria dos talhões avaliados da unidade é composta por: H^+ (pH ácido), Al^{3+} (m% alto, principalmente na camada subsuperficial) e K^+ (pelo fornecimento contínuo e em grande quantidade), ficando deficiente em duas bases trocáveis importantes, Ca^{2+} e Mg^{2+} . Com isso, se vê necessário o fornecimento dessas duas bases trocáveis para a maioria dos talhões da unidade, buscando um equilíbrio na fertilidade do solo e uma melhor produtividade para a próxima safra.

3.6. Micronutrientes

Os micronutrientes foram analisados apenas na profundidade de 0-20 cm, buscando economizar no preço das análises químicas e também por entender que a sua concentração nessa nos primeiros 20 cm de solo já são baixas, abaixo dessa profundidade a tendência é essa concentração ser menor ainda. Então para evitar o gasto de dinheiro com análises sem leitura, recomendou-se analisar os micronutrientes na primeira camada de solo coletada.

3.6.1. Ferro (Fe)

O Fe é o um micronutriente catiônico e diferente da maioria dos macronutrientes, a medida que tem o aumento do pH do solo ele se torna menos disponível. Ele desempenha várias funções nas plantas, sendo as principais a sua participação e ativação de algumas enzimas, e também a sua atuação como catalisador na biossíntese da clorofila. Em cana-de-açúcar a deficiência de ferro vai ocasionar sintomas caracterizados como listras claras longitudinais que se estendem da base foliar para a extremidade da folha, deficiências mais graves fazem com que as plantas apresentem cor amarela pálida, e dependendo do nível de deficiência elas podem ficar até brancas.

Com isso, na camada de 0-20 cm de profundidade, 45% dos solos avaliados apresentaram teores de Fe^{2+} considerados altos para o cultivo da cana-de-açúcar, 22% apresentaram valores considerados ideais, 5% dos solos valores considerados baixos e 27% dos solos apresentam valores considerados muito baixos (Gráfico 15).

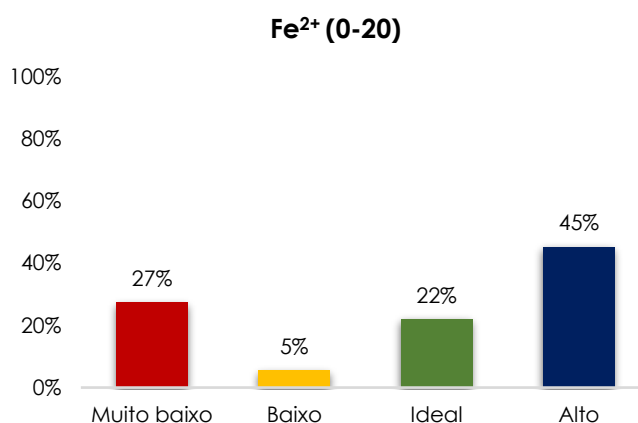


Gráfico 15. Classificação dos teores de Fe^{2+} dos solos avaliados, em 0-20 cm de profundidade.

Os solos presentes nas áreas de cultivo de cana-de-açúcar da unidade apresentam teores de Fe altos, por isso, não se faz nenhuma aplicação para o fornecimento desse micronutriente, sendo o solo o principal fornecedor desse micronutriente para o canavial.

3.6.2. Manganês (Mn)

A principal função do Mn na planta é a ativação de enzimas que interferem diretamente no crescimento e desenvolvimento da planta, mas ele também ajuda na formação da clorofila. A deficiência de manganês faz com que as folhas novas apresentem clorose entre as nervuras, da ponta

até o meio da folha, que evoluem para necroses. Os sintomas de deficiência de ferro de manganês são bem parecidos, com isso, a análise de frequência pode explicar qual dos dois micronutrientes pode está causando os sintomas de deficiência no canavial.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 62% dos solos avaliados apresentaram teores de Fe considerados altos para o cultivo da cana-de-açúcar, 11% apresentaram valores considerados ideais, 19% dos solos valores considerados baixos e 8% dos solos apresentam valores considerados muito baixos (Gráfico 16).

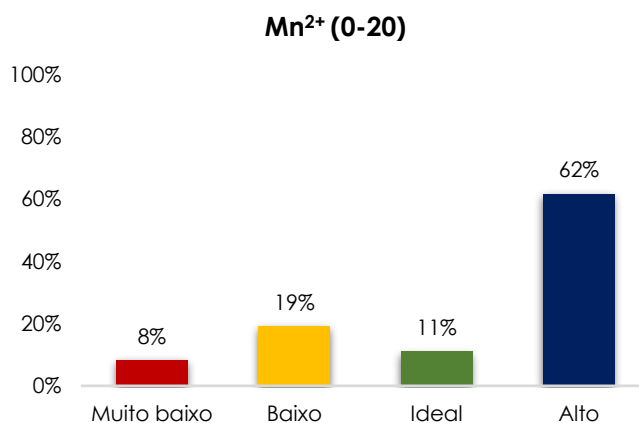


Gráfico 16. Classificação dos teores de Mn^{2+} dos solos avaliados, em 0-20 cm de profundidade.

Na unidade acontece a aplicação anualmente de 5 kg/ha de Sulfato de Manganês via foliar, usando o autopropelido, essa aplicação acontece porque mesmo com os teores altos de Mn no solo ainda continua aparecendo, em manchas específicas, plantas aparentando sintomas de deficiência de manganês.

Porém, nessa última safra o consultor da unidade questionou se essa deficiência não seria uma deficiência de Fe ao invés de deficiência de Mn, comparando os gráficos 15 e 16 podemos observar que existem mais talhões da unidade que apresentam teores muito baixo ou baixo de Fe do que talhões que apresentam teores muito baixo ou baixo de Mn.

A hipótese do consultor é que as plantas respondem a aplicação de Sulfato de Mn, porque existe assim a deficiência em alguns talhões, porém essa deficiência pode ser de Fe e que as plantas voltam a recuperar a cor verde por conta da participação do Mn na molécula de clorofila, mas a deficiência de ferro ainda está acontecendo nas plantas, fazendo com que o canavial sofra com a conhecida “fome oculta de micronutrientes”.

Então, para constatar essa hipótese, será feita uma futura tese de doutorado baseado nesse tema e nessa safra, as áreas que apresentam esses sintomas, iram receber a aplicação de algum produto para o fornecimento de ferro, seja ele um carbonato, sulfato ou quelato. Mas, até o momento da escrita desse relatório os tratamentos com produtos para o fornecimento de Fe ainda não foram passados para a unidade.

3.6.3. Cobre (Cu)

O cobre é essencial par ao balanço de nutrientes que regulam a transpiração da planta, além de auxiliar na resistência das plantas a doenças, esse micronutriente também impacta no processo de fotossíntese das plantas. A deficiência de cobre em cana-de-açúcar causa um sintoma conhecido como “touceira amassada” ou “topo caído”, os tecidos foliares perdem a turgidez fazendo as folhas fiquem caídas.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 46% dos solos avaliados apresentaram teores de Cu considerados baixos para o cultivo da cana-de-açúcar, 31% apresentaram valores considerados altos, 1% dos solos valores considerados ideais e 7% dos solos apresentam valores considerados muito baixos (Gráfico 17).

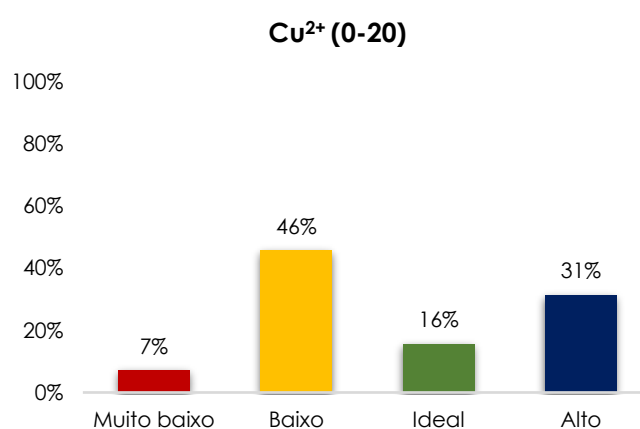


Gráfico 17. Classificação dos teores de Cu^{2+} dos solos avaliados, em 0-20 cm de profundidade.

O cobre é aplicado nas áreas avaliadas apenas de via foliar, utilizando aviação agrícola, porém a quantidade aplicada é para apenas atender a necessidade da planta e não para corrigir os teores de Cu^{2+} no solo, por isso a maioria dos solos avaliados apresentam teores de cobre considerados baixos.

3.6.4. Zinco (Zn)

O zinco desempenha importantes funções nas plantas, especialmente como ativador enzimático e também sendo requerido na participação da biossíntese de hormônios de crescimento. A deficiência desse micronutriente na cana-de-açúcar pode causar o surgimento de estrias cloróticas verde-claras nas folhas, formando uma faixa larga, sendo que a região bem próxima da nervura central e das bordas permanece com uma faixa. Além disso, a deficiência de Zn^{2+} pode causar uma redução no perfilhamento e uma redução dos entrenós.

Pode-se observar que na camada de 0-20 cm de profundidade, 52% dos solos avaliados apresentaram teores de Zn^{2+} considerados altos para o cultivo da cana-de-açúcar, 30% apresentaram valores considerados ideais, 12% dos solos valores considerados baixos e 5% dos solos apresentam valores considerados muito baixos (Gráfico 18).

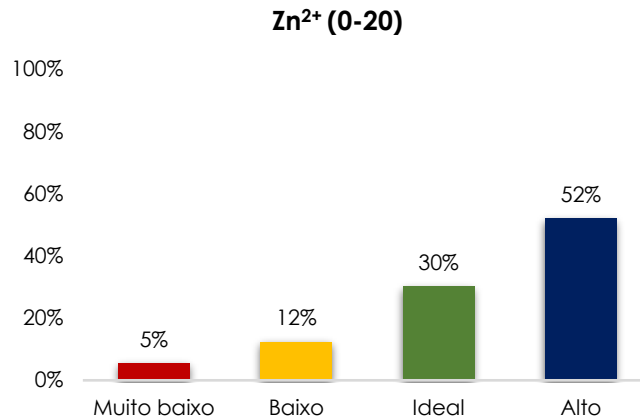


Gráfico 18. Classificação dos teores de Zn²⁺ dos solos avaliados, em 0-20 cm de profundidade.

Assim como o Cu²⁺, o Zn²⁺ é aplicado nas áreas avaliadas apenas de via foliar, utilizando aviação agrícola, porém a quantidade aplicada é para apenas atender a necessidade da planta e não para corrigir os teores de Zn²⁺ no solo. Porém, apenas 12% das áreas apresentam teores baixos e 5% teores muito baixos de Zn²⁺, com isso, não é necessária a aplicação de produtos específicos para esse micronutriente na maioria dos talhões avaliados.

3.6.5. Boro (B)

O Boro é atua na formação de novos tecidos, faz parte constituição da parede celular e da membrana plasmática. Deficiência de boro em cana-de-açúcar causa a deformação nas folhas novas, que se apresentam retorcidas chegando a formar “nó” entre as folhas, podendo também aparecer “ondas” no limbo foliar, que também é caracterizado como sintomas de deficiência de B.

Na camada de 0-20 cm de profundidade, 44% dos solos avaliados apresentaram teores de B considerados baixos para o cultivo da cana-de-açúcar, 55% apresentaram valores considerados ideais e apenas 1% dos solos valores considerados altos (Gráfico 19).

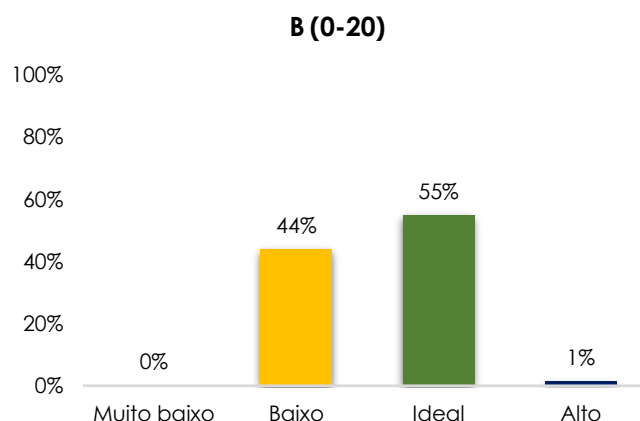


Gráfico 19. Classificação dos teores de B dos solos avaliados, em 0-20 cm de profundidade.

Assim como Cu²⁺ e Zn²⁺, o B é aplicado apenas foliar, com doses baixas fornecendo apenas a quantidade necessária para o desenvolvimento da planta.

3.7. Recomendações de corretivos de solo.

3.7.1 Calagem

A calagem consiste em uma técnica utilizada em áreas agrícolas para se adicionar uma quantidade de calcário (CaCO_3) ao solo, com o objetivo de fornecer Ca^{2+} e Mg^{2+} para as plantas, aumentar o pH e neutralizar o Al^{3+} tóxico. Os tipos de calcário que são utilizados na realização desse manejo podem ser calcários calcíticos (possuem teor de $\text{MgO} < 5\%$), calcários magnesianos (possuem teores de MgO entre 5% e 12%) e os calcários dolomíticos (possuem teor de $\text{MgO} > 12\%$), sendo os calcários dolomíticos os mais utilizados para a realização da calagem.

Para o cálculo da quantidade de calcário (QC) que iria ser aplicada em cada talhão primeiro foi calculada a necessidade de calcário (NC) utilizando 3 três diferentes métodos, e levando em consideração os valores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , CTC do solo e V% encontrados na profundidade de 0-20 cm. O maior valor encontrado dentre esses três foi dividido pelo PRNT (Poder Reativo de Neutralização Total) do calcário que seria utilizado para a correção do solo e depois multiplicado por 100, para assim achar a quantidade de calcário (QC) ideal para se aplicar em cada talhão avaliado.

Podemos observar que 29% dos talhões avaliados necessitaram de 1,0 ton/ha de calcário para corrigir o solo de maneira adequada, 32% necessitaram de 2,0 ton/ha de calcário, 19% necessitaram de 3,0 ton/ha de calcário e 20% dos solos avaliados necessitaram de 4,0 ton/ha de calcário ou ainda mais que isso (Gráfico 20).

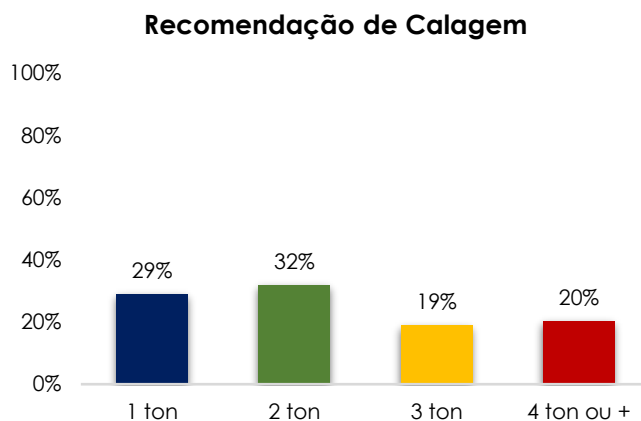


Gráfico 20. Classificação das quantidades de calcário necessária para corrigir os talhões avaliados.

Corrigir de maneira adequada significa dizer que a quantidade de calcário recomendada para cada talhão é suficiente para: neutralizar o Al^{3+} tóxico daquele talhão, elevar os teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} para que juntos esses valores ocupem 70% da CTC do solo e elevar a saturação de bases (V%) desse talhão para 70%, valor de V% considerado ideal para o cultivo de cana-de-açúcar.

Considera-se a aplicação de 1,0 ton/ha de calcário uma dose de reposição de Ca^{2+} e Mg^{2+} , doses acima desse valor já são consideradas doses de correção. Com isso, podemos concluir a reposição esteve sendo feita anualmente, a maioria dos solos não precisariam de doses altas de calcário.

3.7.2 Gessagem

A gessagem consiste em uma técnica utilizada em áreas agrícolas para se adicionar uma quantidade de gesso agrícola (CaSO_4) ao solo, com o objetivo de fornecer Ca^{2+} para as plantas, aumentar e neutralizar o Al^{3+} tóxico, principalmente na camada subsuperficial do solo. Ele neutraliza o Al^{3+} pois quando o gesso reage com a água (H_2O) libera o íon sulfato (SO_4^-) esse íon reage com os íons de Al^{3+} , formando assim moléculas de sulfato de alumínio (AlSO_4^+), que não são tóxicos as plantas.

Para o cálculo da quantidade de gesso (QG) que iria ser aplicada em cada talhão leva-se em consideração os teores da camada subsuperficial (20-40 cm) de CTC do solo e V%. Para assim se calcular diretamente a quantidade de gesso necessário para elevar a saturação de bases daquela camada a 60%.

Após a recomendação de gessagem feita para cada talhão, pode-se observar que 86% dos solos necessitaram de apenas 1,0 ton/ha de gesso para elevar a saturação de bases da camada de 20-40 cm para 60%, 10% dos solos necessitaram de 1,5 ton/ha de gesso e apenas 4% necessitaram de 2 ton/ha de gesso (Gráfico 21).

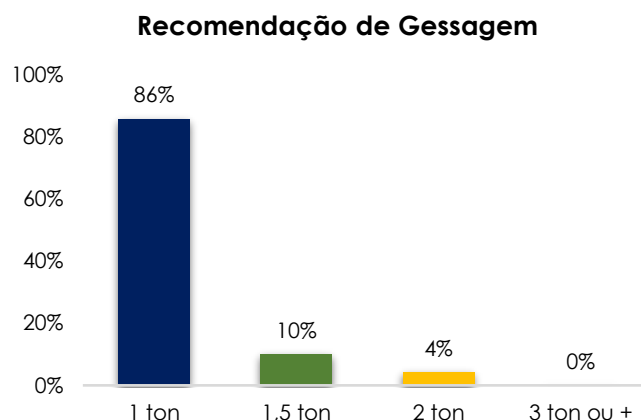


Gráfico 20. Classificação das quantidades de gesso necessária para corrigir os talhões avaliados.

Assim como a calagem, a gessagem não é um manejo utilizado anualmente na unidade, porém os resultados de altas saturações de Al^{3+} e as baixas saturações de Ca^{2+} mostram que é necessária a neutralização desse Al^{3+} tóxico para que o sistema radicular das áreas amostradas possa se desenvolver da melhor forma.

4. Capítulo II – Adubação foliar nas áreas de gotejamento

4.1. Objetivo

Para entender o objetivo dessa adubação foliar em áreas de gotejamento primeiro é necessário compreender todo o manejo das áreas de gotejamento da unidade atualmente e como isso impacta na disponibilidade de nutrientes para essas áreas.

As áreas de gotejamento são áreas cortadas no final da safra, sendo cortadas de janeiro até o início de maio. Após o corte os projetos precisam passar por manutenção para a reparação de mangueiras cortadas pelos facões utilizados para o corte de cana, ou também por estragos feitos por colhedoras nas linhas de plantio, dentre outros vários motivos. Então, logo após o corte os projetos não podem ser nem adubados nem irrigados, por isso, até os 45 dias após o corte é recomendada uma adubação sólida com 400 kg da fórmula 15-10-15, já que essa área não irá ser adubada via sistema.

Contribuindo para isso, boa parte dos projetos utilizam energia elétrica da usina para o seu funcionamento, como a safra acaba em maio, os projetos onde a manutenção não conseguiu chegar, vão esperar até que a safra recomece ou que se consiga algum motor a diesel para ligar o projeto e se fazer a manutenção. Além disso, ainda tem o fator da pluviosidade, a partir do mês de abril a intensidade de chuva começa a aumentar na unidade, tendo seu pico os maiores índices pluviométricos registrados em maio, junho e julho. Então projetos que são cortados em março, abril e maio são apenas adubados nos meses que tem alta pluviosidade, e com os solos arenosos com baixa capacidade de reter nutrientes encontrados em toda área de produção, provavelmente todo adubo aplicado no campo é lixiviado e não é aproveitado pelas raízes.

Porém, alguns projetos da unidade possuem motores a diesel ou são ligados diretamente na rede elétrica pertencente a distribuidora de energia da região, esses projetos podem ser fertirrigados mesmo quando a safra tiver acabado, mesmo que boa parte dos nutrientes colocados ali possam ser lixiviados devido a alta pluviosidade nos períodos de inverno. Na safra passada a fertirrigação nesse período não aconteceu, e o corpo técnico da unidade junto ao consultor, colocou esse como um dos fatores chaves para a baixa produtividade dessas áreas no ano passado. Por isso, o corpo técnico da unidade selecionou alguns projetos para fertirrigar nesse período de inverno.

Com isso, foi recomendado pelo consultor da unidade uma adubação foliar para as áreas de gotejamento, buscando complementar a adubação sólida realizada anteriormente, com o fornecimento de macro e micronutrientes, hormônios de crescimento e também bioestimulantes. Porém, foram feitas duas recomendações diferentes, uma para as áreas cortadas em janeiro e fevereiro que iriam ser fertirrigadas no inverno e outra para as áreas cortadas em janeiro, fevereiro, março e abril que não seriam fertirrigadas no inverno.

4.2. Recomendações

Esse é o segundo ano consecutivo que a unidade utiliza a adubação foliar em uma boa parte da área de gotejamento, na safra passada os produtos utilizados apresentaram dificuldade para a diluição, mesmo utilizando sistemas de misturas dos próprios projetos para criar uma calda pronta. Com isso, tentando permanecer com os teores mais próximos possíveis da recomendação anterior, foi procurada uma nova empresa para fornecer os produtos utilizados para a adubação foliar (Tabela 1).

Tabela 1. Comparação dos tratamentos utilizados como fonte de micronutrientes em duas safras.

	N	P	K	S	B	Cu	Mn	Mo	Zn
	----- gramas/ha -----								
Tratamento Safra 21/22	220	120	240	112	96,2	2,8	243	34	57,4
Tratamento Safra 22/23	55,1	332,4	0	259,9	114,1	31,9	283,5	23,6	189
Diferença	-164,9	212,4	-240	147,9	17,9	29,1	40,5	-10,4	131,6

Como podemos observar na tabela acima, o tratamento utilizado nessa safra apresentou doses menores de N, K e Mo quando comparados ao tratamento utilizado safra passada. Porém a unidade decidiu utilizar esse tratamento devido ao seu melhor custo benefício, por todos os produtos que compõem esse tratamento serem líquidos e por apresentar valores acima de todos os outros nutrientes, destacando o P (nutriente deficiente nos solos das áreas de gotejamento como podemos ver no Capítulo I), o boro, o cobre e o zinco (micronutrientes que não são aplicados via fertirrigação, apenas nessa adubação foliar durante todo o ciclo).

É importante salientar que 100% das áreas de gotejamento receberam essa adubação foliar, a diferença das recomendações foi em relação ao uso dos hormônios e dos bioestimulantes, esses foram distintos as duas diferentes situações.

Para as áreas que foram cortadas em janeiro e fevereiro e que iriam ser fertirrigadas no inverno, cerca de 3.500 hectares, foi recomendado o uso do hormônio sintético do grupo das giberelinas, esse hormônio atua no alongamento dos entrenós, gerando um maior desenvolvimento dos colmos e assim um aumento expressivo na produtividade do canavial. Foi recomendada a dose de 15 g/ha desse hormônio, sendo parceladas em duas aplicações de 7,5g/ha em cada, espaçadas com 30 a 45 dias de diferença.

As áreas cortadas em janeiro e fevereiro quando as aplicações começaram apresentavam idade entre 4 e 5 meses, nessa idade as plantas já apresentam colmos visíveis, que é um parâmetro considerado crucial para a aplicação desse produto. Na segunda aplicação com a ajuda da fertirrigação, as plantas já vão estar bem desenvolvidas assim, as aplicações em novas folhas vai promover o alongamento de novos colmos, por isso que esse intervalo de 30 dias é importante, para que as plantas consigam emitir novas folhas +1,+2 e +3, para que assim o alongamento de novos colmos seja realizado.

Para as áreas que foram cortadas em janeiro, fevereiro, março e abril e que não seriam fertirrigadas no inverno, cerca de 2.600 hectares, foi recomendado o uso de bioestimulantes para um desenvolvimento e crescimento mais rápido dessas áreas. O consultor indicou dois bioestimulantes e o corpo técnico ficou responsável por optar por um ou os dois produtos.

Um desses bioestimulantes atua no metabolismo secundário da planta e na expressão de proteínas de resistência e crescimento, com efeito positivo na resistência a estresses abióticos, na fotossíntese, no metabolismo energético das plantas e em sua respiração. O outro bioestimulante indicado contém em sua formulação macro e micronutrientes combinados com extratos vegetais hidrolizados, que proporcionam uma melhoria em diversos processos metabólicos e fisiológicos das plantas como a divisão e o alongamento celular, translocação de nutrientes e a síntese de clorofila.

Ambos os produtos tem doses pré-estabelecidas para a cana-de-açúcar, com isso não foi necessária a recomendação de dose pelo consultor. Como essas áreas se não estivessem muito novas, estariam pouco desenvolvidas a ideia de aplicar os bioestimulantes era melhorar o crescimento dessas áreas e fazer com que elas cheguem melhor quando os sistemas de fertirrigação voltar, junto a safra.

4.3. Aplicação foliar

A aplicação dos produtos foi realizada utilizando uma aeronave modelo Embraer EMB-200 "Ipanema" (Figura 1), chegando a em média 260 hectares aplicados por dia, aplicando cerca de 20 L/ha de calda em cada voo. Essa empresa é a mesma que realizou as aplicações foliares na safra passada e realiza aplicações aéreas na unidade a bastante tempo, fazendo com que o piloto conheça a área, facilitando assim o voo e aumentando a segurança do mesmo.



Figura 1. Aeronave utilizada para a aplicação aérea. Japungu Agroindustrial, Santa Rita – PB.

As aplicações começaram a partir do dia 22 de junho de 2023 e terminaram no dia 15 de agosto de 2023, sendo iniciadas as 05:30 da manhã e mantidas até aproximadamente 09:30 voltando a ser iniciadas novamente durante o fim de tarde entre as 16:00 até 17:30. Foram monitoradas, utilizando um termo-higroanemômetro digital, as condições climáticas e ambientais, a umidade relativa do ar variou entre 45 e 80%, temperaturas entre 24 e 31 °C e ventos entre 1 e 3,5 km/h.

Para avaliar a como estava a distribuição de gotas de aplicação, foram colocados papéis hidrosensíveis nas folhas +1 e +3 da cana-de-açúcar com uso de grampos comum (Figura 2). Como podemos observar, visualmente as gotas aparentam bom tamanho, forma e distribuição, parâmetros esses que comprovam uma boa aplicação (Figura 2 A e B).



Figura 2. Papéis hidrosensíveis coletados após aplicação. Japungu Agroindustrial, Santa Rita – PB.

4.4. Resultados esperados

Buscando um aumento da produtividade das áreas de gotejamento, espera-se que os tratamentos aplicados via foliar possam ajudar a no incremento dessas áreas, trazendo além de um de um aumento na produtividade nas áreas de gotejamento uma consolidação do manejo de adubação foliar para a unidade.

5. Considerações Finais

A partir da avaliação da fertilidade do solo feita nesse relatório é possível observar que mesmo sendo áreas de altas produtividades as áreas de gotejamento podem alcançar uma produtividade ainda maior se alguns manejos de correção do solo nessas áreas forem feitos anualmente. Além disso, é notória a necessidade que esses solos tem de terem suas camadas mais profundas corrigidas, fazendo com que as raízes explorem uma área maior de água e nutrientes.

A construção da fertilidade do solo na unidade é cada vez mais notada ao passar dos anos, as áreas de gotejamento mais velhas já não expressam o potencial produtivo de safras passadas pois os manejos de correção do solo não são feitos na unidade, podendo acarretar em um futuro produtividades ainda menores do que as encontradas safra passada.

Além disso, pude explicar todo o manejo de adubação foliar que está sendo traçado a dois anos consecutivos na unidade buscando altas produtividades, porém se a fertilidade do solo não for construída de baixo para cima, resultados com aplicações foliares podem ser pouco expressivos na unidade e a tecnologia pode ser condenada sem ao menos ter as melhores condições para se expressar.

6. Referências Bibliográficas

- CESNIK, Roberto; MIOCQUE, Jacques. Melhoramento da cana-de-açúcar: marco sucro-alcooleiro no Brasil. **Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas**, 2004.
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar, Brasília, DF, v. 10, n. 4 abril 2023.
- DE OLIVEIRA, Mauro Wagner et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 28, n. 239, p. 30-43, 2007.
- LIRA, Maikon Vinicius da Silva. **Adubação de plantio e foliar com micronutrientes na produção da cana-de-açúcar**. 2018.
- MOREAU, Ana Maria Souza dos Santos et al. Caracterização de solos de duas toposseqüências em Tabuleiros Costeiros do sul da Bahia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, p. 1007-1019, 2006.
- ORLANDO FILHO, J.; ROSSETO, R.; CASAGRANDE, A.A. Cana-de-açúcar. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. RAIJ, B. ABREU, C.A. (Eds). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, p. 355- 369, 2001.
- RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza Campos; ROSS, Jurandyr Luciano Sanches. **A trajetória da cana-de-açúcar no Brasil: perspectivas geográfica, histórica e ambiental**. Edufu, 2020.
- ROSSETTO, Raffaella et al. Calagem para a cana-de-açúcar e sua interação coma adubação potássica. **Bragantia**, v. 63, p. 105-119, 2004.
- SANTOS, D. M. A.; RAMOS, M. R.; MARANGONI, H.; BARBIERI, R. S.; CUNHA, M. L. O.; CORDEIRO, L. F. S. Análise econômica da adubação foliar em algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) cultivado em Palmas (TO). **Revista Sítio Novo**, v. 5, n. 3, p. 75-83, 2021.
- SOUZA, T. R.; BÔAS, R. L. V.; QUAGGIO, J. A.; SALOMÃO, L. C.; FORATTO, L. C. Dinâmica de nutrientes na solução do solo em pomar fertirrigado de citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília. v. 47. n. 6. p. 846- 854. June 2012.
- VITTI, Godofredo Cesar; OTTO, R.; FERREIRA, L. R. P. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar. **Bebedouro, SP:[sn]**, p. 15-18, 2005.